



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PROGRAM REDUKSI EMISI GAS RUMAH KACA DI
PT PERTAMINA HULU ENERGI *WEST MADURA*
OFFSHORE GRESIK**

INTAN RAHMAWATI
3313100007

Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl. SE., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PROGRAM REDUKSI EMISI GAS RUMAH KACA DI
PT PERTAMINA HULU ENERGI *WEST MADURA*
OFFSHORE GRESIK**

INTAN RAHMAWATI
3313100007

Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl. SE., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - RE 141581

**REDUCTION OF GREEN HOUSE GASSES
EMISSION AND POLLUTANT PROGRAM IN PT
PERTAMINA HULU ENERGI WEST MADURA
OFFSHORE GRESIK**

**INTAN RAHMAWATI
3313100007**

**SUPERVISOR
Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl. SE., M.Sc.**

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

PROGRAM REDUKSI EMISI GAS RUMAH KACA DI PT PERTAMINA HULU ENERGI WEST MADURA OFFSHORE GRESIK

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
pada

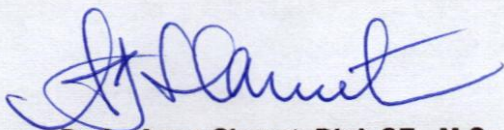
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

INTAN RAHMAWATI

NRP: 3313100007

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl. SE., M.Sc.

NIP. 19590811 198701 1 001



PROGRAM REDUKSI EMISI GAS RUMAH KACA DI PT PERTAMINA HULU ENERGI *WEST MADURA OFFSHORE* GRESIK

Nama Mahasiswa : Intan Rahmawati
NRP : 3313100007
Jurusan : Teknik Lingkungan FTSP ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl. SE., M.Sc.

ABSTRAK

PT Pertamina Hulu Energi (PHE) *West Madura Offshore* (WMO) merupakan anak perusahaan PT Pertamina (Persero) yang terletak di sebelah utara pulau Madura. Letak kegiatan pengembangan lapangan migas PHE WMO dibedakan menjadi wilayah *offshore* dan wilayah *onshore*. Kegiatan ini meliputi pengangkatan fluida dari reservoir, pengaliran fluida, pemrosesan fluida hingga penyaluran fluida ke konsumen. Aktivitas produksi menghasilkan hasil samping berupa limbah padat, cair dan gas yang berpotensi menghasilkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dan polutan. GRK yang dihasilkan diantaranya CO₂, CH₄ dan polutan yang dihasilkan antara lain SO_x dan NO_x. Penelitian ini difokuskan pada wilayah *onshore* yang berada di Desa Sidorukun, Kabupaten Gresik. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan besarnya beban emisi GRK dan polutan dan menentukan program reduksi emisi GRK dan polutan di PT PHE WMO. Sumber emisi yang diinventarisasi yaitu sektor energi dan sektor limbah .

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu melalui survei data dan observasi lapangan. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder dan data primer. Data sekunder meliputi jumlah konsumsi bahan bakar, jenis dan jumlah limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi, jumlah produksi gas yang dihasilkan, jumlah pembakaran *flare*, jumlah kendaraan aset perusahaan dan nilai faktor emisi. Data primer yang dibutuhkan yaitu jumlah kendaraan yang masuk pada kawasan PT PHE WMO, yang diperoleh melalui metode *traffic counting* selama 7 hari. Penelitian ini mengacu pada IPCC *Guideline* tahun

2006 dan *Atmospheric Brown Clouds (ABC) Emission Inventory Manual* dengan metode Tier 1, Tier 2 dan Tier 3 . Program reduksi emisi yang diusulkan menggunakan metode *box model* untuk penentuan luasan Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan metode absorpsi kimia untuk perhitungan CO_2 capture.

Hasil penelitian menunjukkan beban emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang dihasilkan pada sektor energi adalah sebesar 28,7674 ton CO_2e selama 5 tahun dan beban emisi sektor limbah sebesar 0,3931 ton CO_2e selama 5 tahun. Beban emisi polutan yang dihasilkan sektor energi sebesar 0,00007 ton SO_x selama 5 tahun dan 0,0381 ton NO_x selama 5 tahun. Alternatif program reduksi emisi yang diusulkan yaitu Ruang Terbuka Hijau untuk penyerapan CO_2 seluruhnya dengan luas 616,3 m^2 atau 0,061 Ha yang ditanami pohon trembesi, mahoni dan kiara payung. Alternatif program reduksi emisi untuk mereduksi CO_2 dari sumber emisi *fuel gas* dan *flare* yaitu menggunakan CO_2 Capture menggunakan pelarut (absorban) dengan metode absorpsi kimia. Absorber yang digunakan yaitu potassium karbonat (K_2CO_3) dan katalis asam borat (H_3BO_3) dengan persen recovery 90%, sehingga didapatkan hasil perhitungan CO_2 terserap jika teknologi tersebut diaplikasikan adalah 21,121 ton CO_2e selama 5 tahun.

Kata Kunci : Emisi, Energi, GRK, IPCC 2006, Limbah, PHE WMO dan Polutan

REDUCTION OF GREEN HOUSE GASSES EMISSION AND POLLUTANT PROGRAM IN PT PERTAMINA HULU ENERGI WEST MADURA OFFSHORE GRESIK

Student Name : Intan Rahmawati
NRP : 3313100007
Department : Teknik Lingkungan FTSP ITS
Supervisor : Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl. SE., M.Sc.

ABSTRACT

PT Pertamina Hulu Energi (PHE) West Madura Offshore (WMO) is branch company of PT Pertamina (Persero), located in the North side of Madura Island. Expansion activity of oil and gas field is divided into offshore area and onshore area. These activities includes fluid lifting from reservoir, fluid flow, fluid processing, until fluid distribution to consumer. Production activities produces side result as solid waste, liquid waste, and gas, which are likely to emit greenhouse gases (GRK) and pollutants. The GRK produced are CO_2 , CH_4 , and the pollutants produced are SO_x , dan NO_x . This study focuses on onshore areas in Sidorukun Village, Gresik District. The research purpose are to determine the amount of emission load and to determine reduction programme of GHG and pollutants in PT PHE WMO Gresik. Inventarized emission sources of energy sector and waste water sector.

Methods that is used in this study are survey and field observation. Data used on this study in primary data and secondary data. Secondary data consists of fuel consumption amount, type and amount of wastewater from production, amount of gas emitted, amount of flare burning, also amount of company-owned vehicle, and value of emission factor. Primary data needed is amount of vehicle entering PT PHE WMO area, gotten from *traffic counting* method for 7 days. This study refers to IPCC Guideline 2006, and Atmospheric Brown Clouds (ABC) Emission Inventory Manual with Tier 1, Tier 2, and Tier 3 methods. The proposed emission reduction program is the usage of box model

method to determine the area open green space and chemistry absorbtion method for calculating CO₂ capture.

The research shows the greenhouse gas (GHG) emission load generated in energy sector is 28,7674 ton CO₂e for 5 years. While the emissions load of waste sector is 0.3931 tons CO₂e for 5 years. The pollutant emission emitted by energy sector is equal to 0.00007 tons of SO_x for 5 years and 0.0381 tons of NO_x for 5 years. The alternative emission reduction program is Green Open Space for CO₂ absorption with area of 616.3 m² or 0.061 Ha, using *trembesi*, *mahoni* and *kiara payung* trees. The alternative proposed emission reduction programs to reduce CO₂ from “fuel gas” and “flare” emission source is the usage CO₂ capture by using solvent (absorbance) with chemical absorption method. This method uses potassium carbonate (K₂CO₃) absorber and boric acid catalyst (H₃BO₃) with 90% recovery, so the obtained result of CO₂ calculation absorbed if the technology is applied equals 21,121 ton CO₂e during 5 years.

Key Words : Emission, Energy, GRK, IPCC 2006, Waste, PHE WMO, and Pollutants.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kenikmatan, kemudahan, petunjuk serta karunia-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir di Departemen Teknik Lingkungan FTSP ITS dengan judul **“PROGRAM REDUKSI EMISI GAS RUMAH KACA DI PT PERTAMINA HULU ENERGI WEST MADURA OFFSHORE GRESIK”**.

Tugas Akhir ini dapat selesai dengan tepat waktu tentunya tidak lepas dari peran serta dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl. SE., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran dan arahan kepada penulis selama kegiatan penelitian dan penyusunan laporan Tugas Akhir.
2. Ibu Dr. Ir. Ellina S Pandebesie, MT., Ibu Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D dan Bapak Welly Herumurti, ST., M.Sc selaku dosen pengarah.
3. Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM selaku Kepala Laboratorium Pengendalian Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim yang juga merupakan Dosen Teknik Lingkungan yang telah memberi bimbingan, arahan, serta waktunya untuk berdiskusi dengan penulis terkait kegiatan penelitian Tugas Akhir.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Ali Altway, MS selaku dosen Teknik Kimia ITS yang telah memberi bimbingan, arahan, serta waktunya untuk berdiskusi dengan penulis terkait kegiatan penelitian Tugas Akhir.
5. Orang tua dan saudara penulis yaitu Bapak dan Ibu Suharman, Haris Nugroho, Adinda Nur Hartanti dan Muryani Laras yang telah memberikan dukungan penuh, baik doa maupun materi demi terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Andi Juanda dan Bapak Febri Eka Pradana selaku pembimbing Tugas Akhir di PT PHE WMO Gresik yang telah memberikan bimbingan, saran dan arahan kepada penulis selama kegiatan penelitian di PT PHE WMO

7. Bapak Indra Basuki dan Ibu Lila Damayanti dari pihak PT PHE WMO yang telah membantu dalam hal perijinan dan pengambilan data terkait penelitian Tugas Akhir.
8. Teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2013 atas semangat dan kerjasamanya.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini tentunya masih ada kekurangan dan laporan ini belum sempurna. Saran dan kritik yang membangun diharapkan untuk mengembangkan penelitian ini.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Ruang Lingkup	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian.....	7
2.1.1 Pengolahan Minyak dan Gas di <i>Onshore</i> <i>Receiving Facilities</i> (ORF)	10
2.2 Pencemaran Udara	13
2.3 Jenis dan Karakteristik Sumber Pencemaran Udara.....	13
2.4 Faktor Emisi.....	14
2.5 Inventarisasi Emisi.....	14
2.6 Gas Rumah Kaca	16
2.6.1 Karbon Dioksida (CO ₂)	17
2.6.2 Gas Metan (CH ₄)	18
2.6.3 Gas NO _x	18

2.6.4 Gas SO _x	18
2.7 Pemilihan Metodologi Inventarisasi GRK Menurut Tingkat Ketelitian (TIER).....	19
2.8 Kelengkapan Inventarisasi dan Penyusunan Data Time Series yang Konsisten	20
2.8.1 Kelengkapan Inventarisasi.....	20
2.8.2 Penyusunan Data <i>Time Series</i> yang Konsisten, Tahun Dasar, dan <i>Baseline</i>	20
2.8.3 Tahun Dasar (<i>Base Year</i>) dan <i>Baseline</i>	20
2.9 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	21
2.10 <i>Atmospheric Brown Clouds</i> (ABC) Emission Inventory Manual	22
2.11 Menghitung Emisi GRK dengan Metode <i>Box Model</i>	22
2.12 Program Reduksi Emisi	23
2.12.1 Kemampuan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Mereduksi Emisi	23
2.12.2 Reduksi Emisi Menggunakan CO ₂ <i>Capture</i>	24
BAB 3 METODE PENELITIAN	27
3.1 Umum	27
3.2 Kerangka Penelitian	27
3.4 Persiapan Penelitian.....	29
3.5 Pelaksanaan Penelitian	30
3.5.1 Skenario Reduksi Emisi.....	30
3.5.2 Pengumpulan Data	32
3.5.3 Pengolahan Data	33
3.6 Analisis Data dan Pembahasan.....	41
3.7 Kesimpulan dan Saran	42
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43

4.1 Data Aktivitas Sumber Emisi PT PHE WMO	43
4.1.1 Data Aktivitas Sektor Energi	44
4.1.2 Data Aktivitas Sektor Limbah.....	52
4.2 Perhitungan Beban Emisi	55
4.2.1 Perhitungan Beban Emisi Sektor Energi.....	55
4.2.2 Perhitungan Beban Emisi Sektor Limbah	69
4.3 Total Beban Emisi PT PHE WMO	71
4.4 Perbandingan Perhitungan Beban Emisi Menggunakan Tier 1 dan Tier 3	72
4.5 Program Reduksi Emisi	75
4.5.1 Perhitungan Emisi GRK dengan Metode <i>Box Model</i>	76
4.5.2 Alternatif Program Reduksi Emisi menggunakan RTH dan CO ₂ <i>Capture</i>	78
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	89
5.1 Kesimpulan.....	89
5.2 Saran.....	89
DAFTAR PUSTAKA	91

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Central Processing Platform (CPP)</i>	8
Gambar 2.2	<i>Poleng Processing Platform (CPP)</i>	8
Gambar 2.3	Lokasi Penelitian	10
Gambar 2.4	<i>Triethyl Glicol Regeneration System (TGRS)</i> di ORF	11
Gambar 2.5	Bagan Alir Distribusi Minyak dan Gas PT PHE WMO	12
Gambar 2.6	Data Gas Produk PT PHE WMO	13
Gambar 2.7	Ilustrasi <i>Box Model</i>	22
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian	29
Gambar 3.2	Skenario Reduksi Emisi	30
Gambar 4.1	<i>Flare Gas</i> di ORF	46
Gambar 4.2	Kendaraan Aset Perusahaan	47
Gambar 4.3	Kendaraan Karyawan shift 1	47
Gambar 4.4	Kendaraan Karyawan Shift 2	48
Gambar 4.5	Data Kendaraan yang Masuk Kawasan PT PHE WMO Tahun 2017	51
Gambar 4.6	Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri	53
Gambar 4.7	Beban Emisi CO ₂ Pembakaran <i>Fuel Gas</i>	57
Gambar 4.8	Beban Emisi CH ₄ Pembakaran <i>Fuel Gas</i> Per Produk	59
Gambar 4.9	Beban Emisi SO _x Pembakaran <i>Fuel Gas</i> Per Produk	60
Gambar 4.10	Beban Emisi NO _x Pembakaran <i>Fuel Gas</i> Per Produk	62
Gambar 4.11	Beban Emisi CO ₂ Pembakaran <i>Flare</i> Per Produk	64
Gambar 4.12	Beban Emisi CO ₂ Pembakaran <i>Fuel Gas</i> Per Produk	65
Gambar 4.13	Beban Emisi NO _x Pembakaran <i>Flare</i> Per Produk	67
Gambar 4.14	Persentase Emisi CO ₂ Tiap Jenis Kendaraan	69
Gambar 4.15	Persentase Total Beban Emisi PT PHE WMO	71
Gambar 4.16	Beban Emisi CO ₂ <i>Fuel Gas</i> (Tier 1)	74
Gambar 4.17	<i>Packed Column</i>	86
Gambar 4.18	<i>Rachig Rings</i>	87

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Data Produksi Tahunan Minyak, Gas dan Air Terproduksi.....	9
Tabel 2.2	GRK, Sumber dan Kontribusinya Terhadap Peningkatan Efek Rumah Kaca.....	17
Tabel 2.3	Daya Serap Gas CO ₂ Untuk Berbagai Tipe Penutup Vegetasi	24
Tabel 2.4	Kemampuan Pohon Dalam Menyerap CO ₂	24
Tabel 3.1	Faktor Emisi Kendaraan Bermotor di Indonesia	34
Tabel 3.2	Densitas Bahan Bakar	35
Tabel 3.3	Konsumsi Energi Spesifik Kendaraan Bermotor	35
Tabel 3.5	Faktor Emisi Default IPCC dan ABC	37
Tabel 3.6	Nilai Default MCF Untuk Limbah Cair.....	39
Tabel 4.1	Data Penggunaan <i>Fuel Gas</i> Untuk Proses Produksi di ORF PT PHE WMO.....	45
Tabel 4.2	Data Pembakaran <i>Flare</i> di ORF PT PHE WMO	45
Tabel 4.3	Rekap Data <i>Traffic Counting</i>	49
Tabel 4.4	Rata-Rata Jumlah Kendaraan Pada Hari Kerja dan Hari Libur.....	50
Tabel 4.5	Data Kendaraan Lain Yang Masuk Ke Kawasan PT PHE WMO	50
Tabel 4.6	Data Karakteristik dan Debit Air Limbah Industri	54
Tabel 4.7	Data Debit IPAL Limbah Industri	54
Tabel 4.8	Data Faktor Emisi Sektor Energi PT PHE WMO	55
Tabel 4.9	Perhitungan Emisi CO ₂ Pembakaran <i>Fuel Gas</i> PT PHE WMO	56
Tabel 4.10	Perhitungan Emisi CH ₄ Pembakaran <i>Fuel Gas</i> PT PHE WMO	58
Tabel 4.11	Perhitungan Emisi SO _x Pembakaran <i>Fuel Gas</i> PT PHE WMO	60
Tabel 4.12	Perhitungan Emisi NO _x Pembakaran <i>Fuel Gas</i> PT PHE WMO	61
Tabel 4.13	Perhitungan Emisi CO ₂ Pembakaran <i>Flare</i> PT PHE WMO	63
Tabel 4.14	Perhitungan Emisi CH ₄ Pembakaran <i>Flare</i> PT PHE WMO	65
Tabel 4.15	Perhitungan Emisi NO _x Pembakaran <i>Flare</i> PT PHE WMO	66

Tabel 4.16	Beban Emisi CO ₂ Transportasi Darat.....	68
Tabel 4.17	Total Beban Emisi GRK PT PHE WMO.....	71
Tabel 4.18	Total Beban Emisi Polutan PT PHE WMO	71
Tabel 4.19	Perhitungan Emisi CO ₂ Pembakaran Fuel Gas (Tier 1)	73
Tabel 4.20	Total Beban Emisi GRK (Tier 1)	74
Tabel 4.21	Total Beban Emisi Polutan (Tier 1)	75
Tabel 4.22	Data Arah dan Kecepatan Rata-Rata Angin	76
Tabel 4.23	Data Kecepatan Rata-Rata dan Arah Angin Dominan PT PHE WMO	81
Tabel 4.24	Daya Serap RTH dan Persen Kerapatan Tajuk.....	81
Tabel 4.25	Daya Serap Vegetasi Dalam Satu Hektare (Ha).....	83
Tabel 4.26	Daya Serap Vegetasi.....	84

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I	97
LAMPIRAN II	105
LAMPIRAN III	109
LAMPIRAN IV	111
LAMPIRAN V	113
LAMPIRAN VI	125
LAMPIRAN VII	127

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR SINGKATAN

ABC	: Atmospheric Brown Clouds
ADO	: Automotive Diesel Oil
AMDAL	: Analisis Mengenai Dampak Lingkungan
BBM	: Bahan Bakar Minyak
BOD	: Biologycal Oxygen Demand
BOPD	: Barrel Oil Per Day, barel minyak per hari
BWPD	: Barrel Water Per Day, barel air per hari
COD	: Chemical Oxygen Demand
CPP	: Central Processing Platform
ERK	: Efek Rumah Kaca
ESP	: ElectroStatic Precipitator
FSO	: Floating Storage Offloaded
GHG	: Greenhouse Gases
GRK	: Gas Rumah Kaca
GWP	: Global Warming Potential
HFC	: Hydro Fluoro Carbon
HSD	: High Speed Diesel
IDO	: Industrial Diesel Oil
IPAL	: Instalasi Pengolahan Air Limbah
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change

IPPU	: Industrial Processes and Product Use
MMSCFD	: Million Metric Standard Cubic Feet per Day , juta kaki kubik per hari
ORF	: Onshore Receiving Facility
PHE WMO	: Pertamina Hulu Energi West Madura Offshore
PPP	: Poleng Processing Platform
SBM	: Setara Barrel Minyak
SLCPs	: Short Lived Climate Pollutants
SPM	: Single Point Mooring
TEG	: Try Ethylene Glicol
TIER	: Tingkat Ketelitian
TGRS	: Triethyl Glicol Regeneration System
TOC	: Total Organic compound
UNFCCC	: United Nations Framework Convention on Climate Change
US EPA	: United States Environmental Protection Agency

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak bumi, dibuktikan dengan adanya beberapa unit pengolahan minyak bumi di beberapa provinsi di Indonesia. Minyak Bumi adalah hasil proses alami berupa hidrokarbon yang dalam kondisi tekanan dan temperatur atmosfer berupa fase cair atau padat, termasuk aspal, lilin mineral atau ozokerit, dan bitumen yang diperoleh dari proses penambangan, tetapi tidak termasuk batubara atau endapan hidrokarbon lain yang berbentuk padat yang diperoleh dari kegiatan yang tidak terkait dengan kegiatan usaha minyak dan gas bumi (Undang-undang no 22 tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi).

Perkembangan kebutuhan energi final secara nasional per jenis bahan bakar untuk kurun waktu 2000-2011 meningkat dari 751,9 juta Setara Barrel Minyak (SBM) pada tahun 2000 menjadi 1073,8 juta SBM pada tahun 2011 atau meningkat rata-rata sebesar 3,3% per tahun. Dari total kebutuhan energi final tersebut, BBM (Bahan Bakar Minyak, termasuk produk kilang lainnya) merupakan jenis energi final yang paling banyak dikonsumsi dengan laju pertumbuhan kebutuhan BBM rata-rata sebesar 2,6% per tahun. Hal ini menyebabkan meningkatnya kegiatan eksplorasi, eksploitasi, pengolahan dan transportasi produksi minyak bumi untuk memenuhi kebutuhan manusia sehingga semakin besar pula kecenderungannya untuk mencemari lingkungan, terutama di wilayah pesisir. (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2013)

Kabupaten Gresik merupakan salah satu Kabupaten di Provinsi Jawa Timur yang kegiatan ekonominya didominasi oleh sektor industri. Salah satu industri di Gresik adalah PT Pertamina Hulu Energi *West Madura Offshore* (PHE WMO). Jenis kegiatan yang dilakukan di PT PHE WMO Gresik adalah pengembangan lapangan migas berupa pemanfaatan minyak dan gas bumi yang terdapat di lapangan migas *Blok West Madura Offshore* yang terletak di sebelah Utara Pulau Madura. Kegiatan ini meliputi pengangkatan fluida dari reservoir, pengaliran fluida, pemrosesan fluida hingga penyaluran fluida ke konsumen. Pada

prinsipnya proses produksi, pemisahan fluida 3 fase, minyak bumi tidak berbeda antara fasilitas *onshore* maupun lepas pantai. Rencana kegiatan pengembangan Lapangan Migas Blok WMO dilakukan di perairan lepas pantai Pulau Madura (*offshore*) dengan jarak 25 mil laut sampai 30 mil laut dari garis pantai utara Kabupaten Bangkalan. Selain itu kegiatan pengembangan dilakukan juga di Lokasi *Onshore Receiving Facility* (ORF) yang terletak di Desa Sidorukun Kabupaten Gresik (Dokumen ANDAL PHE WMO, 2013).

PT PHE WMO sebagai operator lapangan migas di Blok *West Madura Offshore* (WMO) telah melakukan eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas di blok WMO. Pada tahun 2012 produksi minyak rata-rata 14.821 BOPD dan gas 153,5 BOPD serta air terproduksi 20.887 BWPD. Untuk meningkatkan ketahanan energi nasional dan meningkatkan pendapatan (devisa) negara dari sektor migas PT. PHE WMO menargetkan produksi minyak pada tahun 2013-2017 sebesar 30.000-45.000 BOPD dan gas 200-250 MMSCFD. Guna mencapai target tersebut juga dilakukan peningkatan kapasitas peralatan proses pemisahan dan pemurnian gas dengan kemampuan pemisahan minyak 60.000 BOPD, gas 400 MMSCFD dan air terproduksi 60.000 BWPD (Dokumen ANDAL PHE WMO, 2013).

Kegiatan produksi minyak dan gas PT PHE WMO berpotensi menimbulkan pencemaran yakni dalam bentuk padatan, cairan maupun gas. Kegiatan pencemaran ini nantinya akan berdampak pada lingkungan sekitar dan kesehatan manusia bila tidak ditangani dengan baik dan benar. Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada tahun 2012 menyatakan bahwa total emisi karbon dioksida (CO₂) dari sektor energi sebesar 494.998.490 ton. Salah satu langkah awal dalam menangani permasalahan kualitas udara adalah dengan mengidentifikasi sumber-sumber pencemar udara dan memperkirakan jumlah spesifik pencemar udara yang diemisikan dari satu atau lebih sumber pencemar di dalam suatu wilayah tertentu dan dalam periode waktu tertentu. Pengumpulan informasi mengenai sumber pencemar dan jumlah pencemar udara tersebut dikenal dengan istilah inventarisasi emisi (Cristine, 2015).

Indonesia berkomitmen untuk menurunkan emisi GRK sebesar 26% pada tahun 2020 dari tingkat *business as usual* dengan usaha sendiri (Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional, 2011). Komitmen Indonesia dalam menurunkan emisi GRK ditindaklanjuti dengan diterbitkannya Peraturan Presiden Nomor 71 tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca. Pelaksanaan inventarisasi emisi dilakukan dengan cara pengumpulan data aktivitas sumber emisi, faktor emisi dan faktor serapan emisi. Sektor energi memberikan kontribusi gas rumah kaca yang menjadi salah satu penyebab *global warming*. Ada beberapa cara untuk menghitung emisi dari kegiatan kilang minyak yaitu dengan metode IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) dan US EPA (*United States Environmental Protection Agency*) (Ardedah, 2015).

Pada inventarisasi emisi terdapat 3 sektor, yaitu sektor energi, industri dan sektor limbah. Sektor energi yang mencakup penggunaan bahan bakar, dan transportasi, sektor industri mencakup penggunaan bahan baku dan penggunaan listrik, serta sektor limbah mencakup limbah cair. Secara umum perhitungan beban emisi diperoleh dengan mengalikan faktor emisi untuk setiap polutan dengan data aktivitas pada sektor sumber (Ambarsari, dkk., 2013).

Metode yang digunakan untuk menghitung emisi polutan dapat menggunakan *Atmospheric Brown Clouds (ABC) Emission Inventory Manual*. ABC merupakan suatu studi yang menjelaskan pelaksanaan sejumlah langkah-langkah mitigasi yang telah tersedia penargetan karbon hitam dan emisi metana akan berkurang dalam pemanasan global. Pada *Atmospheric Brown Cloud (ABC) Emission Inventory Manual*, inventarisasi dapat dilakukan dalam jangka waktu tertentu. Di Asia, inventarisasi SO₂, NO_x, CO, NMVOC, *Black Carbon (BC)*, dan *Organic Carbon (OC)* dari pembakaran bahan bakar dan sumber-sumber industri telah tersedia sejak tahun 2000 di bawah *Regional Emission Inventory in Asia* (REAS) (Ohara, T., et al, 2007).

Namun, dalam kasus *Atmospheric Brown Cloud (ABC)* dari pembakaran biomassa, yang diyakini menjadi salah satu sumber utama dari *Atmospheric Brown Cloud (ABC)*, sistematis pengembangan persediaan emisi baru dimulai. Inventaris polutan

pada *Atmospheric Brown Cloud (ABC)* fokus pada polutan gas primer dan partikulat, seperti PM_{10} , $PM_{2.5}$, partikulat *black karbon* (BC) dan *organic carbon* (OC), serta gas polutan (SO_2 , CO_2 , NO_x , NH_3 , CO, NMVOC dan CH_4) dan gas rumah kaca (GRK)

Dengan adanya inventarisasi emisi didapatkan besaran beban emisi dari seluruh sumber pencemar CO_2 , CH_4 , SO_x dan NO_x di PT PHE WMO dalam waktu lima tahun terakhir. Hasil dari analisis ini dituangkan pada program, kebijakan atau aksi yang mampu diterapkan di PT PHE WMO. Keberlanjutan ini diharapkan mampu terkontrol dan berdampak baik pada manusia dan lingkungan, bahkan mampu memberikan keuntungan pada manajemen internal PT PHE WMO, terutama membawa reputasi baik dalam berdedikasi menjaga bumi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas pada penelitian ini antara lain :

1. Berapa besarnya beban emisi gas rumah kaca (GRK) dan polutan dari aktivitas produksi PT PHE WMO Gresik?
2. Bagaimana program penurunan emisi GRK dan polutan di PT PHE WMO Gresik?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Menentukan besarnya beban emisi GRK dan polutan yang dihasilkan dari aktivitas produksi PT PHE WMO Gresik
2. Menentukan program reduksi emisi GRK dan polutan di PT PHE WMO Gresik.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini meliputi :

1. Penelitian dilakukan *dionshore* PT PHE WMO Gresik pada sektor energi dan sektor limbah
2. Pembahasan pada sektor energi mencakup penggunaan bahan bakar proses produksi dan transportasi, sektor limbah mencakup limbah cair industri
3. Inventarisasi emisi dihitung pada tahun 2011 - 2016
4. Parameter gas rumah kaca yang dihitung dari aktivitas produksi PT PHE WMO Gresik adalah CO_2 dan CH_4

5. Parameter polutan yang dihitung dari aktivitas produksi PT PHE WMO Gresik adalah SO_x dan NO_x
6. Dasar perhitungan emisi GRK menggunakan metode IPCC *Guidelines 2006* dan dasar perhitungan polutan menggunakan *Atmospheric Brown Clouds (ABC) Emission Inventory Manual*
7. Tingkat ketelitian (Tier) perhitungan yang digunakan yaitu tier 2 dan tier 3.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Sebagai referensi data beban emisi GRK dan polutan yang dihasilkan dari aktivitas kegiatan produksi PT PHE WMO Gresik dan Pemerintah Kota Gresik
2. Sebagai salah satu rekomendasi data untuk PT PHE WMO Gresik dan Pemerintah Kota Gresik dalam rencana aksi penurunan emisi gas rumah kaca di Kota Gresik khususnya di sektor energi dan sektor limbah.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

Penelitian dilakukan di PT Pertamina Hulu Energi *West Madura Offshore* (PHE WMO). PT PHE WMO merupakan operator Lapangan Minyak dan Gas di Blok *West Madura Offshore* (WMO) tahun 2011 - 2031. Sebelumnya operator lapangan ini adalah Kodeco Energy Co. Aktivitas pertama dimulai sejak tahun 1984 dan berhasil memproduksi minyak dan gas tahun 1993. Letak kegiatan pengembangan lapangan migas Pertamina PHE WMO dapat dibedakan menjadi wilayah *offshore* dan wilayah *onshore*. Di wilayah *offshore* yang berjarak 25 sampai 30 mil dari garis pantai Kabupaten Bangkalan. Di wilayah *offshore* terdapat platform (*unmanned platform*, *processing platform* *living quarters platform*), jaringan pipa bawah laut, *single point mooring* (SPM), dan *Floating Storage Offloaded* (FSO).

Pada instalasi lepas pantai pada umumnya terdapat dua istilah anjungan (*platform*) yang digunakan, yaitu anjungan terpencil (*remote platform*) dan anjungan proses (*process platform*). Anjungan terpencil akan terletak terpencar di sekitar lapangan dimana pada setiap anjungan ini akan terdapat beberapa kepala sumur (*wellhead*). Kepala sumur merupakan sebuah sistem instalasi yang digunakan untuk mengambil fluida dari titik yang telah di eksplorasi sebelumnya. Dari beberapa anjungan terpencil akan dibuat sistem perpipaan untuk mengalirkan fluida ke anjungan proses. Proses pemisahan fluida akan dilakukan di anjungan proses ini.

Fasilitas pemrosesan di Blok WMO terdiri dari tiga unit yaitu unit pemrosesan CPP, PPP dan ORF. CPP (*Central Processing Platform*) dan PPP (*Poleng Processing Platform*) merupakan unit pemisahan fluida tiga fase yang berasal dari sumur menjadi minyak, gas dan air terproduksi yang terdapat di lepas pantai (*offshore*). ORF (*Onshore Receiving Facilities*) adalah unit penerima gas hasil pemisahan dari CPP dan PPP sebelum didistribusikan ke konsumen. Fraksi gas hasil yang dihasilkan oleh lapangan migas dan telah terpisah di PPP, CPP/KE-5 dan PHE-KE-38-CPP dialirkan langsung ke ORF (*onshore receiving facility*) yang berada di Desa Sidorukun

Kabupaten Gresik menggunakan jalur pipa bawah laut. Gas yang diterima di ORF selanjutnya dilakukan pemurnian karena masih mengandung kondensat. Kapasitas pemurnian gas di ORF mencapai 400 MMSCFD. (Dokumen AMDAL PHE WMO, 2013)

Central Processing Platform (CPP) dan *Poleng Processing Platform* dapat dilihat pada gambar 2.1 dan 2.2



Gambar 2.1 *Central Processing Platform (CPP)*

Sumber : Dokumen ANDAL PHE WMO, 2013



Gambar 2.2 *Poleng Processing Platform (CPP)*

Sumber : Dokumen ANDAL PHE WMO, 2013

Data produksi minyak, gas dan air terproduksi rata-rata harian (BOPD, MMSCFD dan BWPD) dalam lima tahun terakhir dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2. 1 Data Produksi Tahunan Minyak, Gas dan Air Terproduksi

Satuan	Tahun Produksi					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Minyak						
BBLs	6.523.067	5.837.469	7.823.035	9.553.273	6.507.921	1.336.328
BOPD	17.871	15.993	21.433	26.173	17.830	14.685
Gas						
MMSCF	66.261	55.260	47.373	45.110	39.176	10.010
MMSCFD	181,5	151,4	129,8	123,60	107,33	110,00
Air						
BBLs	2.863.180	8.525.097	11.221.577	7.265.841	10.554.401	3.388.959
BWPD	7.835	23.681	30.744	20.642	28.916	37.241

Sumber : Statistik PT PHE WMO

Keterangan : *) Pencatatan sampai maret 2016

Distribusi minyak dilakukan dengan mentransfer minyak yang ada di FSO ke tanker di terminal khusus yang ada saat ini yaitu di Poleng dan yang akan dibangun yaitu di lapangan PHE-KE-38. Sarana transfer produk adalah berupa *single point mooring* (SPM) untuk tambat tanker dan *ship to ship transfer hose* diameter 12". Untuk transfer minyak ini menggunakan pompa yang ada di FSO. Untuk distribusi gas yang dihasilkan dilakukan dengan menggunakan pipa distribusi yang berukuran 10" dari ORF ke konsumen. Pada saat ini, konsumen yang menerima *supply* gas dari PT. PHE WMO adalah: PT. PLN Pembangkit Jawa Bali 83,4 MMSCFD, Perusahaan Gas Negara (PGN), PT Media Karya Sentosa (PT. MKS) dan Gresik Migas (BUMD) dengan masing-masing jumlah (MMSCFD); 10,3; 20,9; dan 15,0.

Tata letak di *onshore* yang berada di Desa Sidorukun Kecamatan Gresik menunjukkan rencana pengembangan *On-shore Receiving Facility* (ORF) yaitu gedung kantor, sarana dan

fasilitas pemrosesan gas, workshop serta fasilitas pendukung lainnya. ORF memiliki luas lahan kerja sebesar 18,74 ha (187400 m²) dimana didalamnya terdapat hutan mangrove seluas 7,3 ha. Penelitian ini difokuskan pada wilayah ORF yang terletak di Desa Sidorukun Gresik, Lokasi penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.3



Keterangan : ● = titik *traffic counting* pada pintu masuk PT PHE WMO Gresik

Gambar 2.3 Lokasi Penelitian
Sumber : Google Earth

2.1.1 Pengolahan Minyak dan Gas di *Onshore Receiving Facilities* (ORF)

Onshore Receiving Facilities (ORF) merupakan fasilitas penerimaan gas yang dihasilkan dari setiap sumur yang ada di *offshore*. Fasilitas ini sudah beroperasi sejak Januari 1993 dan terletak di sekitar kawasan Pelabuhan Gresik. Kegiatan ORF berada di sekitar kawasan pelabuhan Gresik. Lokasi ORF sesuai dengan konservasi laut dan berdasarkan Peta Kawasan Konservasi dari Departemen Kehutanan bukan merupakan daerah konservasi, daerah ini juga tidak termasuk pada kategori daerah yang sensitif secara lingkungan. Pada saat ini, kegiatan ORF adalah memproses gas dan kondensat yang disalurkan melalui pipa 14" dari PHE-5/CPP dan pipa 16" dari PPP. (RKL-

RPL PHE WMO 2016). Gambar TGRS dapat dilihat pada gambar 2.4

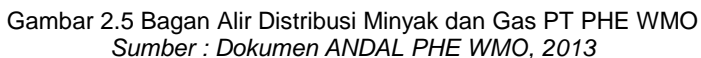


Gambar 2.4 *Triethyl Glycol Regeneration System (TGRS)* di ORF
Sumber : Laporan Triwulan I Tahun 2016 PT PHE WMO

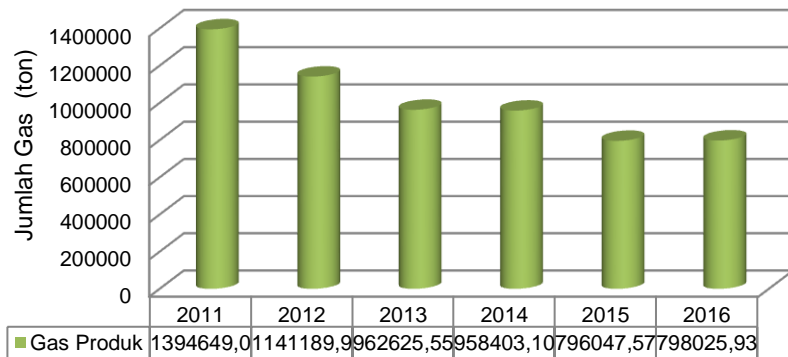
Proses yang terjadi di ORF saat ini dapat diuraikan sebagai berikut (Gambar 2.5):

- Gas yang dialirkan dari CPP ditampung oleh *slug catcher* (M-205). Pada *slug catcher* terjadi proses pemisahan antara fase gas dan cair, gas yang terjadi dialirkan ke *gas scrubber* (V-202) dan kemudian dikeringkan dengan *glycol contactor* (V-211). Setelah gas mengalami pengeringan baru kemudian gas dapat langsung dikirim ke konsumen. Konsumen PT PHE WMO adalah PT PJB (Persero), Perusahaan Gas Negara (PGN), PT Media Karya Sentosa dan PT Gresik Migas.
- Fase cair yang dihasilkan dari proses pemisahan pada *slug catcher* kemudian dilewatkan melalui gas dan cairan *heat exchanger*, *heater* dan *degasser*, kemudian ditampung pada 2 unit tangki unit *degasser*. Pada unit *degasser* kondensat dipisahkan antara minyak dan air, air yang dihasilkan dari unit *degasser* ini diolah terlebih dahulu pada *skimmer*. Kapasitas unit pengolahan air terproduksi (*skimmer*) adalah 1500 barel

- Kondensat yang dihasilkan dari proses pemisahan fase gas dan cair di ORF kemudian selanjutnya dipompa dari *storage tank* ke *shuttle barge* yang mempunyai kapasitas 15.000 barel. *Shuttle barge* ditambatkan di jetty milik PT PLN. Untuk menyalurkan kon-densat yang dihasilkan pada proses di ORF dilakukan dengan menggunakan pipa ber-diameter 8" sepanjang 2 km (jarak antara ORF menuju Jetty PLN). Apabila jumlah kon-densat di dalam *shuttle barge* sudah cukup banyak, maka *shuttle barge* tersebut akan ditarik ke lapangan migas Poleng dan kemudian kondensat tersebut akan dialirkan ke FSO. Berikut adalah bagan alir distribusi minyak dan gas PT PHE WMO :



Berikut adalah data gas produk yang dihasilkan oleh pengolahan gas di ORF PT PHE WMO :



Gambar 2.6 Data Gas Produk PT PHE WMO

Sumber : Statistik PT PHE WMO

2.2 Pencemaran Udara

Pencemaran udara dikelompokkan menjadi dua, yaitu partikulat dan gas. Partikulat terdiri dari padatan atau bahan cair. Sulfur Oksida (SO) dan Nitrogen Oksida (NO) termasuk dalam kelompok polutan gas. SO merupakan gas yang tidak berbau, tidak berwarna, oksida sulfur menyebar luas di udara terdapat dalam bentuk SO, SO₂, SO₃, SO₄, S₂O₃ dan S₂O₇. Nitrogen oksida adalah gas yang tidak berwarna yang dihasilkan dari proses pembakaran. NO terdapat dalam bentuk NO, N₂O, N₂O₃, N₂O₄ dan N₂O₅ (De Nevers, 2000).

2.3 Jenis dan Karakteristik Sumber Pencemaran Udara

Jenis pencemaran udara berdasarkan dari kejadian terbentuknya pencemar terdiri dari pencemar primer dan pencemar sekunder. Pencemar primer merupakan pencemar yang diemisikan secara langsung oleh sumber, contohnya CO, CO₂, SO₂, debu, dan sebagainya. Sedangkan pencemar sekunder merupakan pencemar yang terbentuk karena reaksi di udara dengan berbagai zat. Contohnya ozon (O₃) yang terbentuk dari senyawa hidrokarbon dan nitrogen yang dioksidasi di bawah pengaruh sinar matahari, hujan asam.

Sumber pencemaran udara secara garis besar dibagi menjadi dua bagian, yaitu yang bersifat alami dan bersifat antropogenik. Sumber yang bersifat alami merupakan bagian yang ditimbulkan dari proses atau gejala alam yang menyebabkan perubahan kualitas udara sekitarnya. Contoh dari sumber alami adalah letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik dan lainnya. Sumber polusi udara yang bersifat antropogenik dihasilkan dari aktivitas manusia yang menyertainya. Secara kuantitatif, dampak yang ditimbulkan oleh antropogenik lebih besar. Contoh dari sumber antropogenik adalah aktivitas transportasi kendaraan bermotor, pertanian, perkebunan, industri (termasuk pembangkit listrik berbahan bakar fosil) dan rumah tangga (Soedomo, 2001).

2.4 Faktor Emisi

Faktor emisi merupakan suatu nilai representatif yang menghubungkan antara kuantitas polutan yang dibuang ke atmosfer per satuan unit penghasil emisi. Faktor tersebut biasanya dirumuskan dengan pembagian antara berat polutan dengan unit berat, volume, jarak atau durasi aktivitas yang mengemisikan polutan. Faktor emisi seperti suatu faktor untuk memperkirakan besarnya emisi dari satu sumber polusi udara. Dalam banyak kasus, faktor ini merupakan rata – rata dari semua data yang tersedia yang menggambarkan kualitas udara dan umumnya diasumsikan sebagai rata – rata representatif dalam jangka waktu yang lama untuk berbagai sumber kategori (Agustina, 2009).

Perhitungan beban emisi dengan menggunakan faktor emisi diperlukan 3 data masukan yaitu informasi aktivitas, faktor emisi, dan informasi tentang efisiensi peralatan pengendali emisi (apabila menggunakan faktor emisi yang tidak mempertimbangkan efisiensi peralatan pengendali) (Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2013).

2.5 Inventarisasi Emisi

Inventarisasi emisi (*emission inventory*) adalah pencatatan secara komprehensif tentang jumlah pencemar udara (parameter) dari sumber-sumber pencemar udara dalam suatu wilayah dan periode waktu wilayah tertentu. Dalam bahasa yang sederhana,

inventarisasi emisi adalah menentukan sumber-sumber pencemar udara, apa yang keluar dari sumber pencemar udara tersebut dan berapa banyak. Inventarisasi emisi berfungsi sebagai landasan dalam pembuatan kebijakan publik. Data inventarisasi emisi digunakan untuk menetapkan strategi dan peraturan; mengevaluasi status kualitas udara terkait dengan baku mutu yang telah ditetapkan; mengevaluasi efektivitas kebijakan pengendalian pencemaran udara; dan melakukan perubahan kebijakan sesuai dengan kebutuhan (Sa'duddin dan Hadi, 2015).

Dalam inventarisasi emisi, jenis pencemar yang diinventarisir adalah pencemar primer, umumnya pencemar udara kriteria dan pencemar berbahaya primer, yaitu karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), sulfur dioksida (SO₂), partikel halus (PM₁₀), hidrokarbon (HC). Selain itu, dapat ditambahkan salah satu gas rumah kaca, yaitu karbon dioksida (KLH, 2013). Inventarisasi GRK adalah kegiatan untuk memperoleh data dan informasi mengenai tingkat, status, dan kecenderungan perubahan emisi GRK secara berkala dari berbagai sumber emisi (*source*) dan penyerapnya (*sink*) termasuk simpanan karbon (*carbon stock*) (Perpres No.71 Tahun 2011).

Kegiatan inventarisasi berfungsi untuk mengetahui sumber emisi GRK serta jumlah gas yang dihasilkan tiap hari, bulan atau tahun. Dari kegiatan inventarisasi yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa pembangkit listrik, sektor industri dan sektor transportasi merupakan kontributor emisi CO₂ untuk jangka panjang (Kajian Inventarisasi Emisi GRK Sektor Energi, 2013). Kegiatan inventarisasi GRK terdiri dari 4 sektor kegiatan yang merupakan sumber-sumber emisi gas rumah kaca antara lain Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi, Kegiatan Proses Industri dan Penggunaan Produk, Kegiatan Pertanian, Kehutanan, dan Penggunaan Lahan Lainnya serta Kegiatan Pengelolaan Limbah. Sektor energi meliputi Pembangkitan Energi, Industri, Transportasi, Rumah Tangga, Komersial dan Pertanian, Konstruksi serta Pertambangan (Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional, 2012).

Penyelenggaraan inventarisasi gas rumah kaca merupakan suatu proses yang berkesinambungan karena melibatkan upaya

perbaikan yang dilakukan terus menerus. Sejalan dengan semakin berkembangnya ketersediaan data dan pengetahuan terkait dengan pendugaan emisi dan serapan GRK (KLH, 2012). Inventarisasi emisi harus dipersiapkan pada rentang waktu yang spesifik dan secara berkala untuk mengikuti proses yang berlangsung. Perhitungan tersebut juga harus dilekapi dengan pengukuran kualitas udara untuk menyiapkan inventarisasi emisi secara detail dan realistik (Alyuz dan Kadir, 2014).

2.6 Gas Rumah Kaca

Gas rumah kaca yaitu gas-gas di atmosfer yang memiliki potensi untuk menghambat radiasi sinar matahari yang dipantulkan oleh bumi sehingga menyebabkan suhu di permukaan bumi menjadi hangat. Gas-gas ini terutama dihasilkan dari berbagai kegiatan manusia, utamanya kegiatan yang menggunakan pembakaran bahan bakar fosil, seperti penggunaan kendaraan bermotor, pembakaran bahan bakar minyak dan batubara di industri (Newby, 2007). Konvensi PBB (Perserikatan Bangsa Bangsa mengenai perubahan iklim *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) menyatakan bahwa terdapat enam jenis gas yang digolongkan sebagai gas rumah kaca yaitu: CO₂ (karbondioksida); N₂O (Dinitro oksida); CH₄ (metana); SF₆ (Sulfurheksaflorida); PFC (perfluorokarbon); HFC (hidrofluorokarbon). Sedangkan IPPC (The Intergovernmental Panel on Climate Change) menyatakan bahwa penyumbang gas rumah kaca yang utama yaitu: CO₂, CH₄, N₂O, PFC, CFC (Klorofluorokarbon); HCFC (hidroklorofluorokarbon), dan SF₆. Menurut Porteus (1992) bahwa gas rumah kaca yaitu gas yang memiliki pengaruh efek rumah kaca, seperti CFC (klorofluorokarbon), CO₂, CH₄, NO_x, O₃ dan H₂O. Beberapa komponen dari gas rumah kaca dapat merusak satu sama lain, seperti CH₄ yang memiliki potensi 20-30 kali lebih kuat dari CO₂ dan CFC memiliki potensi 1000 kali lebih kuat dari CO₂. Secara alamiah panas sinar matahari yang masuk ke bumi sebagian diserap oleh permukaan bumi, sementara sebagian lagi akan dipantulkan kembali keluar angkasa melalui atmosfer. Peristiwa terperangkapnya panas matahari di permukaan bumi ini dikenal dengan istilah Efek Rumah Kaca (ERK). Apabila konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer semakin

meningkat, mengakibatkan akumulasi panas atmosfer sehingga terjadi efek rumah kaca berlebihan yang disebut "Pemanasan Global". Pemanasan ini menyebabkan terjadinya perubahan seperti meningkatnya suhu air laut yang dapat mempengaruhi berubahnya pola curah hujan serta tekanan udara. Perubahan tersebut menyebabkan terjadinya perubahan iklim. Kontribusi terhadap peningkatan efek rumah kaca dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 GRK, Sumber dan Kontribusinya Terhadap Peningkatan Efek Rumah Kaca

Senyawa	Sumber	Kontribusi Relatif terhadap Efek Gas Rumah Kaca (%)	
		Hanks(1996)	Porteous (1992)
CO ₂	Pembakaran bahan bakar fosil, penebangan hutan	60	50
CH ₄	Sapi, dekomposisi sampah, lahan persawahan	15	20
NO _x	Industri, pupuk	5	5
CFC	AC, refrigerator, busa aerosol	12	15
O ₃	konversi polutan otomobil oleh sinar matahari	8	10

Sumber : Suprihatin, 2008

2.6.1 Karbon Dioksida (CO₂)

Karbon dioksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau. Karbon dioksida merupakan bagian dari atmosfer bumi sejak dari pertama bumi memiliki atmosfer (McGraw-Hill, 1995). CO₂ merupakan hasil dari pembakaran senyawa organik dengan jumlah oksigen yang cukup. Pada saat proses pembakaran, sebagian besar karbon teremisikan dalam bentuk

CO₂ (IPCC, 2005). Konsentrasi karbondioksida di atmosfer adalah berkisar 350 ppm, dimana pada konsentrasi tersebut tidak akan berbahaya pada manusia. Dan tentunya juga diperlukan untuk proses fotosintesis makhluk hidup (De Nevers, 2000).

2.6.2 Gas Metan (CH₄)

Metan merupakan komponen utama gas alam, yang mana terbentuk dari berbagai proses biologi anaerobik. Metana adalah komponen utama dari “*swamp gas*” yang terbentuk oleh bakteri pembusukan pada bahan berkayu. Serta komponen utama dari limbah gas yang berasal dari landfill dan bangunan pengolahan air limbah. Meskipun konsentrasi gas metan hanya 0,5% dari CO₂, konsentrasi gas metan akan naik secara cepat. Emisi gas metan diakibatkan oleh pembakaran tidak sempurna dari gas buangan kendaraan bermotor (sebagai hidrokarbon) dan dari aktifitas pertanian. Emisi gas metan juga bisa berasal dari kegiatan penambangan batubara serta pada aktivitas produksi dan distribusi gas alam (De Nevers, 2000)

2.6.3 Gas NO_x

Nitrogen oksida (NO_x) merupakan bentuk umum untuk menggambarkan jumlah dari gas NO, NO₂, N₂O, serta bentuk oksida nitrogen lainnya. Umumnya NO_x dalam proses pembakaran sampah merupakan perwakilan dari keberadaan gas NO dan NO₂. Sebanyak 90% bentuk NO_x dari hasil proses pembakaran sampah dalam bentuk NO. NO terbentuk pada temperatur yang lebih tinggi dimana temperatur yang lebih rendah hanya akan menghasilkan NO₂. Walaupun pada kenyataannya seluruh NO yang terbentuk selama proses pembakaran akan teroksidasi menjadi NO₂ di atmosfer (European Comission, 2000). Beban emisi tahunan dari emis nitrogen oksida dari kegiatan manusia diprediksi mencapai 50 juta metrik ton. Konsentrasi rerata tahunan di area perkotaan di dunia adalah sekitar 20 – 90 µg/m³

2.6.4 Gas SO_x

Gas belerang oksida atau sering ditulis dengan SO_x terdiri atas gas SO₂ dan gas SO₃ yang keduanya mempunyai sifat berbeda. Gas SO₂ berbau tajam dan tidak mudah terbakar,

sedangkan gas SO₃ bersifat sangat reaktif (Dewi dan Budiyantri, 2010).

2.7 Pemilihan Metodologi Inventarisasi GRK Menurut Tingkat Ketelitian (TIER)

Berdasarkan IPCC 2006, ketelitian penghitungan tingkat emisi GRK dalam kegiatan inventarisasi dikelompokkan dalam 3 tingkat ketelitian. Tingkat ketelitian perhitungan ini dikenal sebagai 'Tier'. Tingkat ketelitian perhitungan terkait dengan data dan metoda perhitungan yang digunakan sebagaimana dijelaskan berikut ini:

a. Tier 1

Estimasi berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi *default IPCC*. Pada Tier 1, estimasi tingkat emisi GRK menggunakan sebagian besar data aktivitas dan parameter default IPCC 2006.

b. Tier 2

Estimasi berdasarkan data aktivitas yang lebih akurat dan faktor emisi *default IPCC* atau faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific*). Pada Tier 2, estimasi tingkat emisi GRK menggunakan beberapa parameter *default*, tetapi membutuhkan data aktivitas dan parameter terkait (faktor emisi, karakteristik limbah, dan lain-lain) dengan kualitas yang lebih baik.

c. Tier 3

Estimasi berdasarkan metoda spesifik suatu negara dengan data aktivitas yang lebih akurat (pengukuran langsung) dan faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific*). Pada Tier 3, estimasi tingkat emisi GRK didasarkan pada data aktivitas spesifik suatu negara (lihat Tier 2) dan menggunakan salah satu metoda dengan parameter kunci yang dikembangkan secara nasional atau pengukuran yang diturunkan dari parameter-parameter spesifik-suatu negara.

Penentuan Tier dalam inventarisasi GRK sangat ditentukan oleh ketersediaan data dan tingkat kemajuan suatu negara atau pabrik dalam hal penelitian. Penelitian tersebut berfungsi untuk menyusun metodologi atau menentukan faktor emisi yang spesifik dan berlaku bagi negara/pabrik tersebut. Di Indonesia, sumber emisi sektor/kegiatan kunci pada inventarisasi GRK

menggunakan Tier-1. Yaitu berdasarkan data aktifitas dan faktor emisi default IPCC. Dalam penyusunan inventarisasi GRK, IPCC GL mendorong penggunaan data yang bersumber pada publikasi dari lembaga resmi pemerintah atau badan nasional (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

2.8 Kelengkapan Inventarisasi dan Penyusunan Data Time Series yang Konsisten

2.8.1 Kelengkapan Inventarisasi

Inventarisasi emisi GRK dari kegiatan IPPU mencakup emisi GRK yang terjadi selama proses/reaksi kimia di industri, penggunaan gas-gas kategori GRK di dalam produk, dan penggunaan karbon bahan bakar fosil untuk kegiatan (non energi), yaitu bukan untuk penyediaan energi namun untuk kegiatan produksi sebagaimana yang dicantumkan dalam IPCC *Guideline* 2006 (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

2.8.2 Penyusunan Data Time Series yang Konsisten, Tahun Dasar, dan Baseline

Data *time series* yang dibutuhkan dalam menyusun inventarisasi emisi GRK membutuhkan data historis beberapa tahun. Data-data tersebut harus tersedia secara konsisten setiap tahun. Apabila data-data tersebut ada yang tidak tersedia secara konsisten setiap tahunnya sebagai *time series*, maka pendekatan/metoda rata-rata, ekstrapolasi, dan interpolasi dapat diaplikasikan untuk memperkirakan data-data yang tidak lengkap (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

2.8.3 Tahun Dasar (*Base Year*) dan *Baseline*

Inventarisasi disajikan beberapa tahun sebagai *time series*. Mengingat pentingnya *tracking* kecenderungan emisi tahunan dalam rentang waktu tertentu diperlukn data *time series* konsisten. Time series untuk tahun dasar (*base year*) ditetapkan Kementrian Lingkungan Hidup, yaitu setidaknya 5 tahun. *Baseline* adalah proyeksi tingkat emisi GRK tahunan apabila diasumsikan tidak ada perubahan kondisi dan kebijakan yang mempengaruhi kegiatan IPPU. *Baseline* tingkat emisi GRK tahunan dimanfaatkan untuk penyusunan upaya-upaya mitigasi perubahan iklim (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

2.9 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) merupakan lembaga ilmiah yang dibentuk oleh Organisasi Meteorologi Dunia dan Lembaga PBB dalam program lingkungan. Perubahan iklim global membutuhkan kebijakan secara menyeluruh dengan memperhatikan aspek lingkungan dan sosial ekonomi masyarakat. Perubahan iklim yang semakin mengkhawatirkan membutuhkan organisasi yang netral yang dapat memberikan pencerahan mengenai adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Terkait dengan keputusan mengenai suatu kebijakan IPCC berada dalam posisi netral sehingga diharapkan segala hal yang diputuskan oleh IPCC dapat diterima dan diakui oleh semua negara (Risnandar, 2008).

Pada penelitian ini akan digunakan IPCC *Guideline* tahun 2006 Volume 2 mengenai sektor energi, Volume 3 mengenai sektor industri, dan Volume 5 mengenai sektor limbah. IPCC menyediakan beberapa faktor emisi untuk gas rumah kaca. Gas Rumah kaca yang dapat dihitung menggunakan IPCC *Guideline* 2016 adalah CO₂, CH₄, dan N₂O. Dalam IPCC telah dikelompokkan kategori kegiatan dengan sumber dan penyerap gas rumah kaca pada sektor energi, industri, dan limbah. Berikut ini adalah kategori kegiatan dan sumber gas rumah kaca:

a. Pengadaan Dan Penggunaan Energi

Kategori ini mencakup seluruh emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari penggunaan dan pengadaan energi:

- Kegiatan Pembakaran Bahan Bakar (*Fuel Combustion Activities*)
- Emisi Fugitive (*Fugitive Emissions from Fuels*)
- Transportasi dan Penyimpanan Karbondioksida (*Carbon Dioxide Transport and Storage*).

b. Limbah

Emisi berasal dari kegiatan pengelolaan limbah:

- Pembuangan Akhir Sampah Padat (*Solid Waste Disposal*)
- Pengolahan Limbah Padat secara Biologi (*Biological Treatment of Solid Waste*)
- Pembakaran Sampah melalui Insinerator dan Pembakaran Sampah secara Terbuka

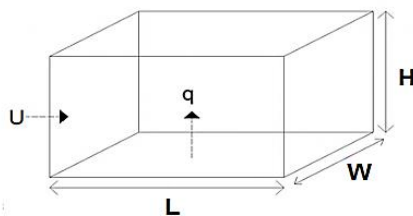
- Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah (Wastewater Treatment and Discharge)

2.10 Atmospheric Brown Clouds (ABC) Emission Inventory Manual

Metode estimasi beban emisi yang dilakukan dalam inventarisasi yaitu menggunakan pendekatan faktor emisi yang diambil dari USEPA AP-42, Permen LH No 12/2010, dan *Atmospheric Brown Clouds (ABCs) Emission Inventory Manual*. ABC adalah awan polusi udara yang tersebar luas di skala regional, terdiri dari campuran sulfat antropo, karbon hitam, debu, dan *fly ash*. Perkiraan emisi ABC dari sumber yang berbeda dibutuhkan untuk merancang strategi penurunan emisi (Shrestha, 2013).

2.11 Menghitung Emisi GRK dengan Metode Box Model

Box model digunakan untuk memperkirakan rata-rata konsentrasi polutan di suatu daerah. Suatu daerah tersebut diasumsikan sebagai sebuah kotak, dimana sumber emisi tersebar merata di permukaan bawah kotak. Model ini memperhitungkan faktor meteorologi berupa arah dan kecepatan angin, serta ketinggian *mixing height (boundary layer)* (Hassan, 1998).



Gambar 2.7 Ilustrasi Box Model

Box model memiliki beberapa asumsi dalam penggunaannya, yaitu antara lain :

- Permukaan kota berukuran panjang L dan lebar W .
- Laju emisi polutan konstan (relatif tetap). Udara yang bergerak dibatasi dari atas oleh lapisan udara yang stabil pada ketinggian H . Udara yang bergerak juga dibatasi pada arah tegak lurus terhadap kecepatan angin.

- c. Kondisi yang selalu tetap (steady state), baik emisi, kecepatan angin dan karakteristik udara untuk pengenceran yang nilainya tidak bervariasi terhadap waktu, lokasi dan ketinggian tempat.

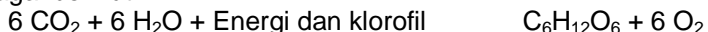
2.12 Program Reduksi Emisi

Emisi karbon dioksida (CO₂) pada industri adalah kontributor utama kenaikan kadar CO₂ di atmosfer, yang mana menimbulkan ancaman serius bagi ekosistem bumi karena mengakibatkan *global warming* dan perubahan iklim. Untuk membatasi efek yang tidak diinginkan, maka harus dilakukan upaya mereduksi emisi pada industri (Sivanesan, 2017).

2.12.1 Kemampuan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Mereduksi Emisi

RTH menurut UU Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang adalah area memanjang atau jalur dan atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka sebagai tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah ataupun sengaja ditanam. Keberadaan Ruang Terbuka Hijau merupakan salah satu unsur penting dalam membentuk lingkungan kota maupun kawasan industri yang nyaman dan sehat.

Tumbuhan melakukan proses fotosintesis yang mengubah gas karbon dioksida dengan air menjadi karbohidrat dan oksigen dengan bantuan cahaya matahari dengan persamaan reaksi sebagai berikut :



Berdasarkan reaksi fotosintesis diatas, CO₂ dan H₂O merupakan substrat dalam reaksi fotosintesis akan menghasilkan karbohidrat dan melepaskan oksigen sehingga pada tanaman tersimpan cadangan carbon (Ai, 2012).

Proses tanaman dalam menyimpan cadangan karbon adalah dimana melalui proses fotosintesis, CO₂ di udara diserap oleh tanaman dengan bantuan sinar matahari kemudian diubah menjadi karbohidrat, selanjutnya didistribusikan ke seluruh organ tanaman yang ditimbun dalam bentuk biomassa. Faktor yang menentukan perbedaan kemampuan pohon menyerap karbondioksida diantaranya ditentukan oleh luas keseluruhan

daun, umur tanaman, dan fase pertumbuhan tanaman (Hairiah, K.A., dkk, 2011).

Menurut Prasetyo, *et al*, (2002), tipe penutupan vegetasi memiliki kemampuan atau daya serap terhadap karbon dioksida yang berbeda. Tipe penutupan vegetasi dan daya serap berbagai macam tipe vegetasi terhadap CO₂ dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Daya Serap Gas CO₂ Untuk Berbagai Tipe Penutup Vegetasi

No.	Tipe Penutupan	Daya Serap Gas CO ₂ (kg/ha/jam)	Daya Serap Gas CO ₂ (ton/ha/tahun)
1	Pohon	129,92	569,07
2	Semak Belukar	12,56	55
3	Padang Rumput	2,74	12
4	Sawah	2,74	12

Sumber: Prasetyo., *et al*, 2002

Pohon trembesi (*Samanea saman*) merupakan salah satu contoh tumbuhan yang kemampuan menyerap karbonnya sangat besar yaitu 28.488,39 kg/Ha/tahun. Selain pohon trembesi, didapat juga berbagai jenis tanaman yang mempunyai kemampuan tinggi sebagai tanaman penyerap karbon dioksida (CO₂) yaitu pohon mahoni dan pohon Kiara Payung. Daftar tanaman yang mempunyai daya serap karbon dioksida dapat dilihat pada Tabel tersebut :

Tabel 2.4 Kemampuan Pohon dalam Menyerap CO₂

No.	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Daya Serap CO ₂ (kg/Ha/tahun)
1	Trembesi	<i>Samanea saman</i>	28.448,39
3	Mahoni	<i>Swettiana mahagoni</i>	295,73
4	Kiara Payung	<i>Fellicium Decipiens</i>	404,83

Sumber: Dahlan, 2007

2.12.2 Reduksi Emisi Menggunakan CO₂ Capture

Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) merupakan kontributor utama kadar CO₂ di atmosfer yang menimbulkan ancaman serius bagi ekosistem akibat pemanasan global dan perubahan iklim. Untuk mereduksi emisi CO₂ banyak metode yang telah dikembangkan. Salah satunya menggunakan CO₂ Capture dapat

mengurangi emisi CO₂ dengan cara penangkapan pasca pembakaran menggunakan amine absorban (Sivanesan, 2017)

CO₂ merupakan gas yang bersifat asam. Dengan adanya uap air akan menyebabkan CO₂ semakin korosif, gas CO₂ juga dapat mengurangi nilai kalor pada kilang LNG dan gas alam. Oleh karena itu pemisahan CO₂ dari campuran gas merupakan proses penting. Berbagai teknologi pemisahan CO₂ banyak dikembangkan, dan absorpsi reaktif menggunakan pelarut kimia adalah metode yang paling banyak digunakan karena efektif dan ekonomis. Pelarut yang banyak digunakan adalah senyawa amine dan potasium karbonat (K₂CO₃). Senyawa amine mempunyai daya larut lebih tinggi daripada potasium karbonat namun energi regenerasinya tinggi. Potasium karbonat mempunyai panas absorpsi rendah namun energi regenerasinya rendah. Untuk itu daya larut K₂CO₃ perlu ditingkatkan. (Febriana, 2011).

Pada dunia industri, umumnya metode yang digunakan untuk menangkap atau mereduksi jumlah karbon dioksida adalah proses *chemical absorption*. Pelarut yang digunakan dalam absorpsi karbon dioksida adalah *monoethanolamine* (MEA), *methylethanolamine* (DEA), *methyldiethanolamine* (MDEA), *piperazine* (PZ), dan *Potassium Carbonate* (K₂CO₃). Piperazine sering digunakan sebagai absorben akan tetapi berbahaya bagi lingkungan. Alkanoamin membentuk produk organik yang bersifat korosif sehingga membutuhkan *pretreatment* proses untuk menghilangkan sulfur dioksida. Alkali karbonat memiliki tingkat solubilitas yang tinggi seperti alkanoamin dalam absorpsi karbon dioksida (Kirk., O, 2007).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Penelitian ini bertujuan menentukan besarnya beban emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dan polutan di PT PHE WMO, menentukan program reduksi emisi GRK dan polutan di PT PHE WMO. Tahapan penelitian ini dimulai dengan menjabarkan latar belakang penelitian, ide penelitian, dilanjutkan dengan mengidentifikasi dan merumuskan masalah, mencari studi literatur yang mendukung penelitian, pengumpulan data dari stakeholder kemudian dilanjutkan analisa dan pembahasan, menyimpulkan hasil dari pembahasan serta memberikan saran perbaikan untuk peneliti selanjutnya.

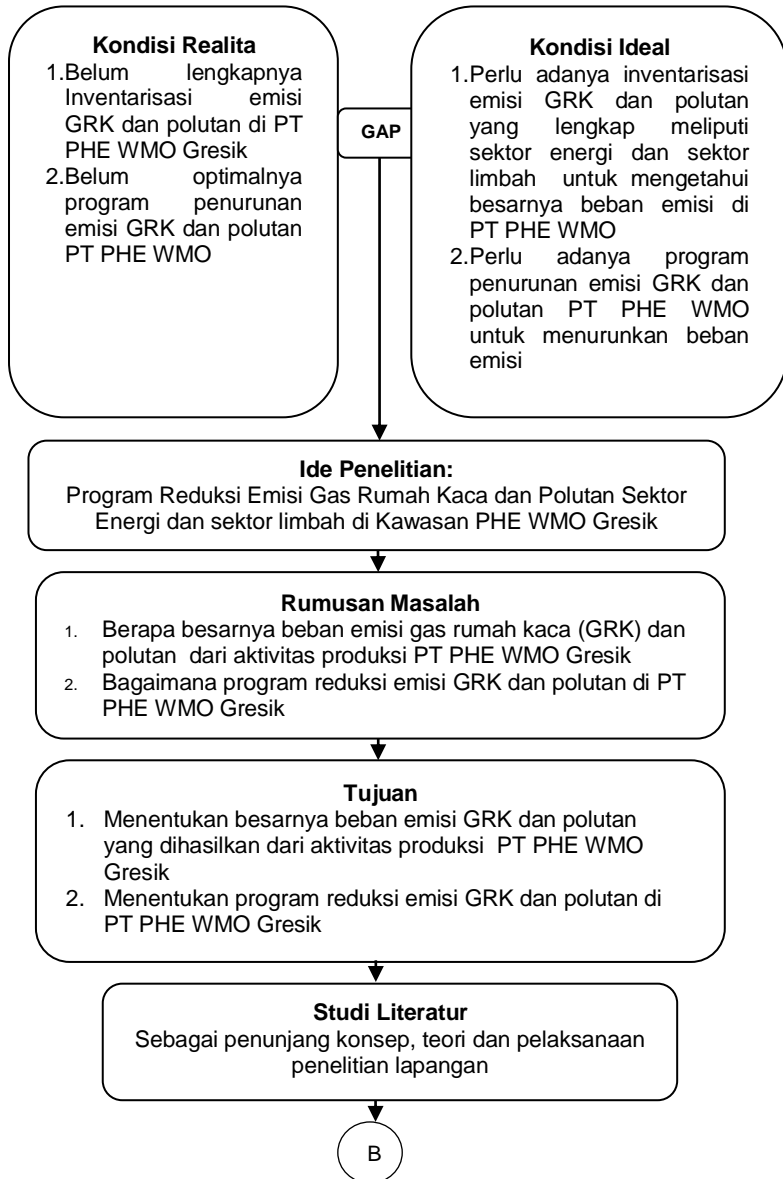
Persiapan yang dilakukan untuk penelitian ini adalah mencari studi literatur sebagai dasar teori yang mendukung dalam penelitian. Persiapan selanjutnya yaitu pembuatan form *traffic counting*. Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data primer dengan menggunakan metode *traffic counting* yang dilakukan di PT PHE WMO, dan mengumpulkan data sekunder yang didapat dari data statistik PT PHE WMO.

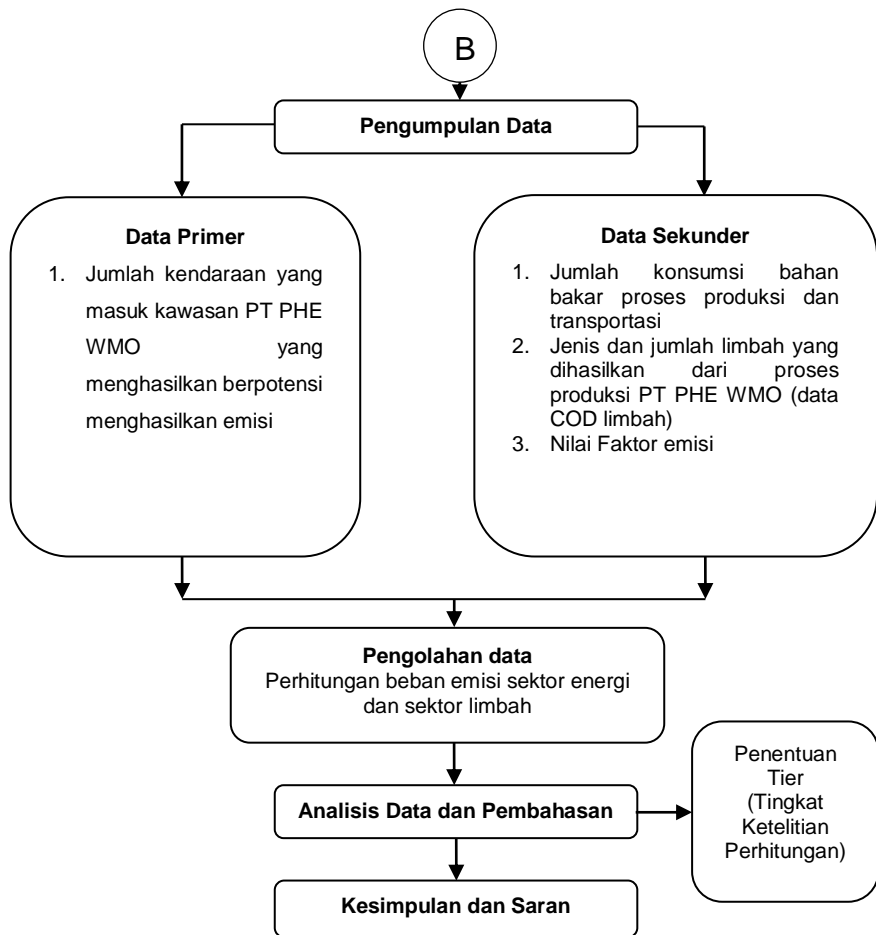
Sumber studi literatur berasal dari berbagai sumber yaitu jurnal, *text book*, *manual book*, laporan penelitian dan peraturan-peraturan tentang penelitian tersebut. Teori yang mendukung meliputi inventarisasi emisi, pencemar-pencemar udara yang diinventarisir, pendekatan inventarisasi emisi GRK, tingkat ketelitian (Tier) metodologi inventarisasi, faktor emisi, serta perhitungan nilai beban emisi sektor energi dan sektor limbah.

3.2 Kerangka Penelitian

Penelitian ini bertujuan menentukan besarnya beban emisi GRK dan polutan yang dihasilkan dari aktivitas produksi dan menentukan strategi penurunan emisi GRK dan polutan di PT PHE WMO Gresik. Penelitian lapangan ini diawali dengan pengumpulan data sekunder tentang Jumlah konsumsi bahan bakar, Jenis dan jumlah limbah yang dihasilkan dari proses produksi (data BOD, COD limbah), jumlah kapal, jumlah alat berat yang digunakan, jumlah penggunaan listrik dan nilai faktor

emisi. Secara umum kerangka penelitian lapangan ini dapat dilihat pada gambar 3.1





Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.4 Persiapan Penelitian

Metode penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi aktivitas apa saja yang terjadi pada proses produksi minyak dan gas PT PHE WMO Gresik. Kemudian mengumpulkan data serta informasi yang relevan yang mendukung ide penelitian. Dalam tahap persiapan penelitian ini, yang pertama dilakukan yaitu mengurus surat perijinan dan permohonan permintaan data.

Pada tahap persiapan penelitian dilakukan studi literatur sebagai dasar teori yang mendukung dalam penelitian. Sumber studi literatur berasal dari berbagai sumber yaitu jurnal, *text book*,

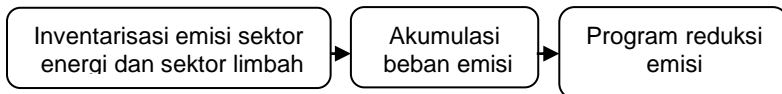
manual book, laporan penelitian dan peraturan-peraturan tentang penelitian tersebut. Teori yang mendukung meliputi inventarisasi emisi, pencemar-pencemar udara yang diinventarisir, pendekatan inventarisasi emisi GRK, tingkat ketelitian (Tier) metodologi inventarisasi, faktor emisi, serta perhitungan nilai beban emisi sektor energi dan sektor limbah.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

Tahap pelaksanaan penelitian ini terdiri dari metode pengumpulan data serta pengolahan data. Pada penelitian ini dibutuhkan data primer dan data sekunder. Sumber emisi yang diinventarisasi yaitu sektor energi meliputi konsumsi pemakaian bahan bakar produksi dan konsumsi energi transportasi. Selain sektor energi, sumber emisi lainnya yang diinventarisasi adalah sektor limbah yang meliputi limbah cair, dimana limbah dari kegiatan produksi dan kegiatan domestik PT PHE WMO juga berpotensi menghasilkan emisi GRK.

3.5.1 Skenario Reduksi Emisi

Program reduksi emisi akan didapatkan setelah perhitungan beban emisi dan pemetaan emisi dilakukan. Skenario reduksi emisi pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Skenario Reduksi Emisi

Program reduksi emisi yang akan diusulkan antara lain:

1. *Electrostatic Precipitator*

ElectroStatic Precipitator (ESP) adalah salah satu alternatif penangkap debu dengan efisiensi tinggi (mencapai diatas 90%) yang dapat digunakan pada boiler dan rentang partikel yang didapat cukup besar. Dengan menggunakan electro static precipitator (ESP) ini, jumlah limbah debu yang keluar dari cerobong diharapkan hanya sekitar 0,16 % (efektifitas penangkapan debu mencapai 99,84%). Cara kerja dari electro static precipitator (ESP) adalah melewati gas buang (flue gas) melalui suatu medan listrik yang terbentuk antara

discharge electrode dengan *collector plate*, *flue gas* yang mengandung butiran debu pada awalnya bermuatan netral dan pada saat melewati medan listrik, partikel debu tersebut akan terionisasi sehingga partikel debu tersebut menjadi bermuatan negatif (-). Partikel debu yang sekarang bermuatan negatif (-) kemudian menempel pada pelat-pelat pengumpul (*collector plate*). Debu yang dikumpulkan di *collector plate* dipindahkan kembali secara periodik dari *collector plate* melalui suatu getaran (*rapping*). Debu ini kemudian jatuh ke bak penampung (*ash hopper*).

2. *Inertial Collectors (Cyclone)*

Inertial Collectors (Cyclone) Adalah bahan aerosol dalam aliran gas yang memiliki kelembaman besar yang digunakan untuk menghilangkan polutan dengan menggunakan prinsip gaya sentrifugal dan tekanan rendah karena adanya perputaran untuk memisahkan materi berdasarkan perbedaan massa jenis dan ukuran.

3. *Wet Scrubbers*

Wet Scrubbers adalah alat pengendali polutan yang prinsip kerjanya adalah dengan mengalirkan fluida cair pada aliran gas, sehingga gas yang mengalir akan difiltrasi oleh fluida cair tersebut. Beberapa cara yang ada pada *Wet Scrubber* untuk sistem distribusi fluida cair diantaranya adalah dengan proses atomizing, proses ini mengatomisasi fluida cair menjadi partikel-partikel yang didistribusikan dalam jumlah banyak sehingga sistem filtrasi terjadi secara merata. Terdapat 3 tipe berdasarkan arah aliran gas dan air yang bersiklus yaitu *Countercurrent*, *Crosscurrent*, dan *Cocurrent*. Cara lain adalah dengan mengalirkan gas melalui genangan fluida cair, dengan proses ini partikel akan melekat dan mengendap pada genangan air.

4. *Green Boiler*

Green Boiler adalah boiler bejana bertekanan dengan bentuk dan ukuran yang didesain untuk menghasilkan uap panas atau steam yang menggunakan bahan bakar biogas.

5. Ruang Terbuka Hijau

Ruang terbuka hijau merupakan suatu lahan/kawasan yang mengandung unsur dan struktur alami yang dapat menjalankan proses-proses ekologis, seperti pengendali

pencemaran udara, ameliorasi iklim, pengendali tata air, dan sebagainya. Unsur alami inilah yang menjadi ciri RTH di wilayah perkotaan, industri baik unsur alami berupa tumbuh-tumbuhan atau vegetasi, badan air, maupun unsur alami lainnya (Joga, 2011).

6. CO₂ Capture

CO₂ merupakan gas yang bersifat asam. Dengan adanya uap air akan menyebabkan CO₂ semakin korosif, gas CO₂ juga dapat mengurangi nilai kalor pada kilang LNG dan gas alam. Oleh karena itu pemisahan CO₂ dari campuran gas merupakan proses penting. Berbagai teknologi pemisahan CO₂ banyak dikembangkan, dan absorpsi reaktif menggunakan pelarut kimia adalah metode yang paling banyak digunakan karena efektif dan ekonomis. Pelarut yang banyak digunakan adalah senyawa amine dan potasium karbonat (K₂CO₃). Senyawa amine mempunyai daya larut lebih tinggi daripada potasium karbonat namun energi regenerasinya tinggi. Potasium karbonat mempunyai panas absorpsi rendah namun energi regenerasinya rendah. Untuk itu daya larut K₂CO₃ perlu ditingkatkan.(Febriana, 2011).

3.5.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan tujuan untuk mengumpulkan semua informasi terkait dengan penelitian. Data yang dikumpulkan yaitu data primer dan data sekunder. Tersebut diperoleh saat penelitian berlangsung kemudian data akan diolah dan dianalisis untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian. Tahapan pengumpulan data jumlah kendaraan adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data lalu lintas dilakukan selama 7 hari, yaitu pada hari kerja yang diwakili hari senin, selasa, rabu, kamis, jumat dan hari libur yang diwakili hari sabtu dan minggu
2. Jenis kendaraan yang dihitung meliputi kendaraan berat, kendaraan ringan, serta sepeda motor. Kendaraan berat meliputi mini bus karyawan, sedangkan kendaraan ringan meliputi mobil penumpang dan non bus/truk lainnya.
3. Jumlah sepeda motor dan mobil diperoleh dengan menghitung jumlah motor dan mobil yang berada di parkir

4. Data jumlah kendaraan yang diperoleh kemudian dijadikan dasar untuk menghitung volume lalu lintas sesuai MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia).

Sedangkan data sekunder diperoleh dari data *time series* yang dimiliki oleh PT PHE WMO meliputi :

1. Konsumsi bahan bakar
Dibutuhkan data jumlah konsumsi solar yang digunakan sebagai bahan bakar pada proses produksi setiap tahunnya untuk mengetahui emisi GRK yang dihasilkan untuk sektor energi.
2. Limbah Cair
Data yang dibutuhkan yaitu jenis limbah, jumlah (debit) limbah, COD dan jumlah *sludge* yang dihasilkan dari sisa hasil produksi serta proses pengolahan limbah yang digunakan.
3. Faktor Emisi
Dibutuhkan data faktor emisi yang akan digunakan dalam perhitungan beban emisi yang dihasilkan setiap sektor.
4. Arah dan Kecepatan Angin
Data arah dan kecepatan angin berfungsi untuk menentukan luasan serta lokasi Ruang Terbuka Hijau yang akan direncanakan.

3.5.3 Pengolahan Data

Data yang telah didapat kemudian dilakukan pengolahan dengan menggunakan pendekatan rumus yang digunakan.

a. Menghitung Kadar CO₂ dari aktivitas transportasi

Pada penelitian ini, untuk menghitung kadar CO₂ dari aktivitas transportasi digunakan IPCC Guideline 2006 Tier 2. Dimana persamaan umum yang digunakan dapat dilihat pada persamaan 3.1

$$\text{Emissions} = \text{Activity Data} \times \text{Emission Factor} \quad (3.1)$$

Metode Tier 2 menggunakan faktor emisi berbasis kilometer jalan kendaraan (*vehicle kilometer traveled* VKT atau panjang perjalanan rerata kendaraan per tahun) untuk transportasi *on-road*. Faktor emisi yang digunakan pada Tier 2 adalah faktor

emisi nasional (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12/2010). Pendekatan rumus yang digunakan dapat dilihat pada persamaan 3.2 dan persamaan 3.3

$$VKT_{j, \text{line}} = \sum_{i=1}^n Q_{ji} \times I_i \quad (3.2)$$

$$E_{cji} = VKT_{ji} \times EF_{cj} (100-C)/100 \quad (3.3)$$

Dimana :

$VKT_{j, \text{line}}$ = VKT kategori kendaraan j pada ruas jalan i yang dihitung sebagai sumber garis (km/tahun)

Q_{ji} = volume kendaraan dalam kategori j pada ruas jalan i (kendaraan/tahun)

I_i = panjang ruas jalan i (km)

E_{cji} = emisi pencemar c untuk kendaraan kategori j pada ruas jalan i (g/tahun)

EF = faktor emisi

C = efisiensi peralatan pengendali emisi (%)

C = 0, jika tidak terpasang peralatan pengendali

Persamaan 3.3 merupakan pendekatan yang digunakan untuk menghitung aktivitas data pada persamaan 3.1. Aktivitas data diperoleh dari perkalian volume kendaraan dikalikan dengan panjang jalan. Data faktor emisi yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Faktor Emisi Kendaraan Bermotor diIndonesia

Kategori	CO	HC	NO _x	PM10	CO ₂	SO ₂
	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/kg BBM)	(g/km)
Sepeda Motor	14	5.9	0.29	0.24	3180	0.008
Mobil penumpang (bensin)	40	4	2	0.01	3180	0.026
Mobil penumpang (solar)	2.8	0.2	3.5	0.53	3172	0.44
Bis	11	1.3	11.9	1.4	3172	0.93
Truk	8.4	1.8	17.7	1.4	3172	0.82

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12/2010

Untuk faktor emisi CO₂ yang digunakan memiliki satuan g/kg BBM maka dibutuhkan data densitas (kg/L) masing-masing bahan bakar serta konsumsi energi spesifik (L/km) untuk tiap jenis kendaraan bermotor. Data densitas bahan bakar dan konsumsi energi spesifik kendaraan bermotor dapat dilihat pada tabel 3.2 dan tabel 3.3

Tabel 3.2 Densitas Bahan Bakar

Bahan Bakar	Densitas (kg/L)
Bensin	0,72
Diessel	0,84

Tabel 3.3 Konsumsi Energi Spesifik Kendaraan Bermotor

No	Jenis Kendaraan	Konsumsi energi Spesifik (L/100 km)	No	Jenis Kendaraan	Konsumsi energi Spesifik (L/100 km)
1	Mobil Penumpang		5	Bemo/ Bajaj	10,99
	Bensin	11,79	6	Taksi	
	Diesel/Solar	11,36		Bensin	10,88
2	Bus Besar			Diesel/So lar	6,25
	Bensin	23,15	7	Truck Besar	15,82
	Diesel/Solar	16,89	8	Truck Sedang	15,15
3	Bus Sedang	13,04	9	Truck Kecil	
4	Bus Kecil			Bensin	8,11
	Bensin	11,35		Diesel/So lar	10,64
	Diesel/Solar	11,83	10	Sepeda Motor	2,66

Sumber : Yamin, dkk. 2009

b. Mengitung Emisi GRK pada Pembakaran Bahan Bakar Pada Sumber Stasioner

GRK yang diemisikan oleh pembakaran bahan bakar pada sumber stasioner adalah CO₂, CH₄. Pada penelitian ini, GRK

yang diinventarisasi adalah CO₂ dan CH₄. Metodologi perhitungan GRK didasarkan pada IPCC *Guideline* 2006 Volume 2. Selain emisi GRK, emisi yang dihasilkan adalah emisi polutan dengan parameter SO_x dan NO_x

Besarnya emisi GRK hasil pembakaran bahan bakar fosil bergantung pada banyak dan jenis bahan bakar yang dibakar. Banyaknya bahan bakar direpresentasikan sebagai data aktivitas sedangkan jenis bahan bakar direpresentasikan oleh faktor emisi. Pada penelitian ini digunakan metode dengan tingkat ketelitian (Tier) 3, dimana faktor emisi yang digunakan merupakan faktor emisi dari PT PHE WMO. Persamaannya dapat dilihat pada persamaan 3.4

$$\text{Emissions}_{GHG, fuel} = \text{Fuel Consumption}_{fuel} \times \text{Emission Factor}_{GHG, fuel} \quad (3.4)$$

dimana:

- $\text{Emissions}_{GHG, fuel}$: Emisi GRK jenis tertentu menurut jenis bahan bakar
- $\text{Fuel Consumption}_{fuel}$: Banyaknya bahan bakar yang dibakar menurut jenis bahan bakar
- $\text{Emission Factor}_{GHG, fuel}$: Faktor emisi GRK jenis tertentu menurut jenis bahan bakar

Konsumsi energi yang tersedia pada PT PHE WMO dalam satuan MMSCF (*Million Metric Standard Cubic Feet*) dan pada umumnya konsumsi energi dalam satuan ton, oleh karena itu data konsumsi energi harus dikonversikan dengan cara mengalikan dengan faktor konversi, Maka konversinya adalah sebagai berikut :

$$1 \text{ MMSCF} = 20,32 \text{ ton}$$

Faktor emisi default IPCC dan ABC untuk penghitungan perbandingan emisi GRK dari pembakaran bahan bakar pada sumber yang stasioner adalah sebagai berikut :

Tabel 3.4 Faktor Emisi Default IPCC dan ABC

IPCC Guideline 2006			
No	Sumber Emisi	Faktor emisi (Kg/Tj)	
		CO ₂	CH ₄
1	Gas Fuel Combustion	64200	3
2	Flare	0,98	0,02
ABC Emission Inventory Manual			
No	Sumber Emisi	Faktor emisi (Kg/Tj)	
		SO _x	NO _x
1	Gas Fuel Combustion	0,00064	7,4
2	Flare	-	12

Sumber : IPCC Guideline 2006 dan Shrestha, R.M.dkk. 2013

Berdasarkan IPCC Guideline 2006 untuk menghitung aktivitas *flare* menggunakan persamaan berikut ini :

$$Emissions_{GHG,flare} = Activity\ Data_{flare} \times Emission\ Factor_{GHG,flare} \quad (3.5)$$

dimana :

- $Emissions_{GHG,flare}$: Beban Emisi GRK (ton)
 $Activity\ Data_{flare}$: Volume aktivitas pembakaran (scf atau bbl)
 $Emission\ Factor_{GHG,flare}$: Faktor emisi GRK jenis tertentu yang enunjukkan besarnya emisi/serapan per satuan unit kegiatan yang dilakukan (ton)

Kemudian setelah didapatkan hasil beban emisi pertahunnya, dapat dihitung pula beban emisi yang dihasilkan tiap satuan produksi gas. Yaitu dengan cara membagi beban emisi yang dihasilkan dengan produksi gas yang dihasilkan.

$$E_{\text{tiap satuan produksi gas}} = \frac{\text{Beban Emisi}}{\text{Produksi gas}} \quad (3.6)$$

Sehingga dari perhitungan tersebut dapat didapatkan beban emisi yang dihasilkan tiap satuan produksi gas (ton/ton).

c. Mengitung Emisi GRK pada Sektor Limbah

Limbah yang diolah di PT PHE WMO adalah limbah cair industri, dimana limbah tersebut adalah dari IPAL yang diperoleh dari kondensat dan uap sistem perolehan kembali TEG (*Try Ethylene Glicol*). Emisi yang dihasilkan dari sektor limbah yaitu emisi CH₄. Gas metana dihasilkan dari sisa hidrokarbon yang terkandung dalam liquid glikol pada saat pemurnian gas. Glikol mudah terdegradasi menggunakan pengolahan aerobik maupun penambahan bahan kimia (Dobson.,S, 2000). Pendekatan rumus yang digunakan untuk menghitung limbah cair industri adalah sebagai berikut:

$$\text{Emisi CH}_4 = [(TOW_i - S_i) \times EF - R_i] \quad (3.7)$$

dengan faktor emisi:

$$EF = Bo \times MCF_j \quad (3.8)$$

dimana:

Emisi CH ₄	=	emisi CH ₄ dalam tahun inventori, kg CH ₄ /tahun
TOW	=	Senyawa organik total yang degradable dalam limbah cair industri i, kg COD/tahun
S	=	Lumpur komponen organik yang dipisahkan pada tahun inventori, kg COD/tahun
i	=	Sektor industri
j	=	Tiap jenis sistem atau saluran pengolahan/pembuangan
R	=	Jumlah CH ₄ yang dapat diambil pada tahun inventori, kg CH ₄ /tahun
EF _j	=	Faktor emisi per jenis system/saluranpembuangan/pengolahan, kg CH ₄ /kg BOD
Bo	=	Kapasitas produksi maksimum CH ₄ , kg CH ₄ /kg COD. <i>IPCC COD default factor</i> untuk Bo adalah 0,25 kg CH ₄ /kg COD.

MCF_j = Faktor koreksi metana, fraksi
(Tabel 3.6)

Untuk nilai TOW (*Total Organically degradable material in Wastewater*) dapat dihitung menggunakan persamaan 3.9

$$TOW = P_i \times W_i \times COD \quad (3.9)$$

Dimana :

P_i = Produk industri total untuk sektor industry i, ton/tahun

W_i = Jumlah limbah cair yang dihasilkan, m^3 /ton produk

COD = Chemical oxygen demand (*plant specific*)

TOW (*Total Organically degradable material in Wastewater*) limbah cair industri adalah COD total dari setiap jenis industri di suatu wilayah. Default kapasitas produksi CH_4 maksimum (B_o) limbah cair adalah 0.25 kg CH_4 /kg COD. Nilai Default MCF untuk limbah cair dapat dilihat pada tabel 3.6

Tabel 3.5 Nilai Default MCF untuk Limbah Cair

Tipe Pengolahan dan Sistem Aliran		Penjelasan	MCF ¹	Interval
Tanpa Perlakuan	Laut,Sungai,Danau	Sungai dengan kandungan bahan organik berkonsentrasi tinggi dapat bersifat anaerobic	0,1	0-0,2
	Tempat Pembuangan	Terbuka dan tertutup	0,5	0,4-0,8
	Saluran Pembuangan (Terbuka atau Tertutup)	Alirannya cepat, bersih (terdapat CH_4 dalam jumlah yang sedikit)	0	0
Perlakuan	Pabrik Pengolahan Secara Aerobik dan Terpusat	Sistem harus baik. Sejumlah CH_4 dihasilkan dari kolam penampungan	0	0-0,1
		Sistem yang tidak baik. Penampungan yang berlebihan	0,3	0,2-0,4
	Pengolahan Lumpur Secara Anaerobik	Rekoveri CH_4 tidak dipertimbangkan	0,8	0,8-1,1

Tipe Pengolahan dan Sistem Aliran		Penjelasan	MCF ¹	Interval
	Reaktor Anaerobik	Rekoveri CH ₄ tidak dipertimbangkan	0,8	0,8-1,0
	Danau di Pinggir Laut (<i>Lagoon</i>) yang Dangkal	Kedalaman kurang dari 2 meter, menggunakan pertimbangan para ahli	0,2	0-0,3
	Danau di Pinggir Laut (<i>Lagoon</i>) yang Dalam	Kedalaman kurang dari 2 meter	0,8	0,8-1,0
	Sistem Pembusukan	Terdapat setengah BOD dalam tangki penampungan	0,5	0,5
	Kakus	Musim kering, air tanah lebih rendah dari kakus, keluarga kecil (3-5 orang)	0,1	0,05-0,15
		Musim kering, air tanah lebih rendah dari kakus, komunitas (beberapa orang)	0,5	0,4-0,6
		Musim hujan, air tanah lebih tinggi dari kakus	0,7	0,7-1,0
		Pengendapan secara teratur dapat digunakan untuk pupuk	0,1	0,1

¹Berdasarkan pertimbangan dari para ahli

Sumber : IPCC, 2006

Setelah didapatkan hasil beban emisi untuk masing-masing sektor, kemudian dilakukan konversi dari CH₄ ke equivalen CO₂. Dimana gas metana memiliki nilai GWP (*Global Warming Potential*) sebesar 25. GWP merupakan nilai yang relatif sama dengan CO₂, maka konversinya sebagai berikut:

$$1 \text{ ton CH}_4 = 25 \text{ ton CO}_2$$

Maka perhitungan emisi yang setara dengan emisi karbon adalah sebagai berikut:

$$E_{\text{CO}_2} \text{ CH}_4 = \text{CH}_4 \times 25 \text{ ton CO}_2 \quad (3.10)$$

d. Menghitung Emisi GRK dengan Metode *Box Model*

Pada *Box model* digambarkan emisi pencemar yang dihasilkan oleh kontributor (q) menyebar dalam suatu batasan

ruang berupa *box* dengan volume tertentu. *Box model* digambarkan dengan persamaan berikut:

$$C(t) = \frac{qL}{UH} (1 - e^{-(U/L)t}) \quad (3.11)$$

Dimana:

$C(t)$ = Konsentrasi pencemar (mg/m^3)

q = Rata-rata emisi pencemar per meter persegi ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{detik}$)

L = Panjang kotak (m)

H = Tinggi pencampuran udara (m)

U = Rata-rata kecepatan angin (m/detik)

T = Waktu tempuh (detik)

(Pratiwi, 2012)

Pada *box model* ini dibutuhkan data meteorologi berupa arah dan kecepatan angin. *Raw data* tersebut kemudian diolah sehingga diperoleh data arah dan kecepatan angin bulanan dalam satu tahun.

e. Menghitung Luas RTH

Perhitungan luas ruang terbuka hijau (RTH) dapat dihitung berdasarkan daya serap masing-masing pohon. Perhitungan luas RTH dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Total Daya Serap CO}_2 = \frac{\text{Daya serap pohon} \times \text{Luas RTH}}{\text{RTH}} \quad (3.12)$$

3.6 Analisis Data dan Pembahasan

Analisa data dilakukan bertujuan untuk menganalisis nilai beban emisi dari setiap sektor yang telah diperoleh sehingga dapat dilakukan inventarisasi. Hasil dari inventarisasi beban emisi disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, kemudian dilakukan pemetaan emisi ke dalam peta kawasan PT PHE WMO Gresik. Analisa dan pembahasan akan meliputi beban emisi dari pembakaran bahan bakar fosil, penggunaan listrik serta efluen limbah cair yang dihasilkan dari aktivitas produksi di kawasan PT

PHE WMO. Sehingga diketahui besarnya nilai emisi GRK dan polutan yang dikeluarkan di setiap sektor kegiatan. Setelah dilakukan pemetaan emisi Kemudian diberikan program penurunan emisi untuk menurunkan beban emisi pada proses produksi PT PHE WMO Gresik.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Dari Analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan yang menyatakan ringkasan dari hasil penelitian. Kesimpulan yang diperoleh akan menjawab perumusan masalah dan tujuan penelitian. Kesimpulan berisi mengenai nilai beban emisi pada kawasan PT PHE WMO Gresik untuk masing-masing sektor. Sehingga dapat dilakukan upaya-upaya mitigasi dan adaptasi untuk mengurangi emisi GRK di PT PHE WMO Gresik dari strategi penurunan emisi yang akan diberikan. Selain kesimpulan, saran juga dapat diberikan untuk perbaikan penelitian dan pelaksanaan penelitian selanjutnya.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada industri minyak dan gas PT Pertamina Hulu Energy West Madura Offshore Gresik terdapat berbagai macam aktivitas yang menghasilkan emisi. Emisi yang dihasilkan oleh PT. PHE WMO bersumber dari Pembakaran Dalam dan Luar, Suar Bakar, *Fugitive*, Tangki Timbun, *Loading* dan *Unloading*. Parameter emisi yang dihitung dari unit pembakaran dalam (turbin dan mesin pembakaran dalam) dan unit proses pembakaran luar (ketel uap dan pembangkit uap dan pemanas proses) adalah parameter gas rumah kaca yang merujuk pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2009 yaitu CO₂, CH₄ dan N₂O sedangkan Parameter utama adalah SO_x, NO_x, dan PM (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2012).

Pada penelitian ini membahas mengenai sektor energi dan sektor limbah yang menyumbang emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dalam pengoperasian PT PHE WMO Gresik yang difokuskan pada kegiatan *onshore* yang terletak di Desa Sidorukun, Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik. Sektor energi menghasilkan emisi GRK yang berasal dari penggunaan bahan bakar untuk proses produksi gas dimana pada PT PHE WMO menggunakan *fuel gas* sebagai bahan bakar utama. Kemudian dari aktivitas transportasi, yaitu aktivitas transportasi darat meliputi aktivitas keluar masuknya kendaraan karyawan dan kendaraan aset perusahaan. Selain dari sektor energi, sektor limbah juga menyumbang emisi GRK, dimana emisi dari sektor limbah tersebut berasal dari pengolahan limbah domestik.

4.1 Data Aktivitas Sumber Emisi PT PHE WMO

PT PHE WMO merupakan perusahaan yang mengelola dan menjadi operator lapangan minyak dan gas di blok West Madura Offshore (WMO). Letak kegiatan pengembangan lapangan migas PT PHE WMO dapat dibedakan menjadi wilayah lepas pantai (*offshore*) dan wilayah *onshore*. Di wilayah *offshore* yang berjarak 25 sampai 30 mil dari garis pantai Kabupaten Bangkalan, dimana kegiatan di *offshore* meliputi *drilling*, pemrosesan pemisahan fluida tiga fase yang berasal dari sumur

menjadi minyak, gas dan air terproduksi yang dilakukan pada unit CPP dan PPP, hingga penyaluran gas ke ORF dengan menggunakan pipa bawah laut. Sedangkan di wilayah *onshore* yang berada di Desa Sidorukun Kecamatan Gresik kegiatannya adalah menerima gas yang dihasilkan dari setiap sumur yang ada di *offshore* dan memproses gas dan kondensat yang disalurkan melalui pipa 14" dari PHE-5/CPP dan pipa 16" dari PPP.

Kegiatan aktivitas operasional tersebut menghasilkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK). Sumber emisi yang dihasilkan oleh PT PHE WMO ada lima, diantaranya adalah dari pembakaran dalam dan luar, suar bakar, tangki timbun, fugitive, *loading* dan *unloading*. Parameter utama emisi GRK di PT PHE WMO adalah CO₂, CH₄, SO_x, NO_x dan PM (Greenhouse Gas Emissions Inventory PHE 2015). Fokus pada penelitian ini adalah pada sektor energi dan sektor limbah, dimana pada sektor energi terdapat sumber stasioner dan transportasi darat. Pada sektor limbah terdapat pengolahan limbah industri. Fokus parameter pada penelitian ini adalah CO₂, CH₄, SO_x, dan NO_x.

4.1.1 Data Aktivitas Sektor Energi

Pada sektor energi terdapat dua sumber emisi yaitu dari sumber stasioner dan dari transportasi darat. Sumber stasioner merupakan sumber emisi tidak bergerak, termasuk asap dari industri energi, pembangkit listrik, industri yang menggunakan metode kondensasi, hasil pembakaran insenerator, furnace, dan berbagai tipe peralatan pembakaran dengan bahan bakar (U. S. *Environmental Protection Agency*, 2010).

4.1.1.1 Sumber Stasioner

Pada sektor energi terdapat sumber stasioner dimana pada sumber stasioner dibagi menjadi dua sumber utama yaitu dari pembakaran dalam dan luar dan suar bakar. Pada pembakaran dalam dan luar terdapat emisi *fuel gas* yang digunakan, sedangkan pada suar bakar terdapat sumber emisi *flare*.

Bahan bakar yang digunakan untuk proses produksi gas di ORF PHE WMO adalah *fuel gas*. Data mengenai penggunaan *fuel gas* untuk proses produksi di ORF dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Data Penggunaan *Fuel Gas* Untuk Proses Produksi di ORF PT PHE WMO

Tahun	<i>Fuel Gas</i>	<i>Fuel Gas</i>
	MMSCF	(ton)
2011	39724,06	807192,93
2012	30275,91	615206,42
2013	43051,96	874815,73
2014	42765,78	869000,69
2015	43875,71	891554,34
2016	40496,08	822880,28
Total	240189,49	4880650,39

Sumber: Statistik Total *Fuel Gas* PHE WMO

Selain bahan bakar yang digunakan, sumber emisi stasioner terdapat sumber emisi dari suar bakar. Suar bakar (*Flaring*) adalah pembakaran secara menerus maupun tidak dari gas-gas yang dihasilkan oleh kegiatan operasi minyak dan gas pada cerobong tetap (*stationarystack*) baik vertikal maupun horizontal (Permen LH No 12 Tahun 2012). Melalui pembakaran, *flare* membuang gas buangan ke lingkungan secara aman. Dalam operasi *refinery* atau kilang, gas buangan yang mudah terbakar di *venting*/dibuang dari unit proses selama unit *upset* ataupun unit normal operasi. Buangan gas dikumpulkan dan dikirim ke *flare system* melalui pipa *header* untuk pembuangan yang aman (Laporan Triwulan I, 2016)

Pada sumber emisi suar bakar terdapat sumber emisi dari aktivitas *flare*. Data mengenai pembakaran gas *flare* di ORF dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Data pembakaran *Flare* di ORF PT PHE WMO

Tahun	<i>Gas Flare</i>	<i>Gas Flare</i>
	MMSCF	(ton)
2011	154252,76	3134416,11
2012	2372,62	48211,54
2013	5546,45	112703,95

Tahun	Gas Flare	Gas Flare
	MMSCF	(ton)
2014	2128,54	43251,95
2015	3603,10	73214,95
2016	6388,25	129809,32
Total	174291,72	3541607,82

Sumber: Statistik Total Fuel Gas PHE WMO



Gambar 4. 1 *Flare Gas* di ORF
Sumber :Laporan Triwulan I 2016

4.1.1.2 Transportasi Darat

Selain aktivitas dari sumber stasioner, aktivitas transportasi di PT PHE WMO turut serta menyumbang emisi GRK. Emisi dari kegiatan transportasi hanya meliputi transportasi darat dimana pada transportasi darat terdapat aktivitas kendaraan aset perusahaan, aktivitas kendaraan karyawan, aktivitas transportasi kendaraan dari luar yang masuk ke kawasan PT PHE WMO antara lain aktivitas transportasi *cathering*, aktivitas transportasi pick up sampah dan aktivitas

transportasi truk pengangkut limbah B3. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data primer dan sekunder. Pengambilan data primer dilakukan dengan cara *traffic counting* di pintu masuk PT PHE WMO, dengan tujuan untuk mengetahui jumlah kendaraan yang beroperasi di kawasan PT PHE WMO. Sedangkan data sekunder yang digunakan adalah data aset kendaraan yang didapat dari data statistik PT PHE WMO. Pengambilan data primer dilakukan selama satu minggu yaitu pada hari senin, 27 februari 2017 hingga hari minggu, 05 Maret 2017. Hari senin, selasa, rabu dan kamis mewakili hari aktif, sedangkan hari sabtu dan minggu mewakili hari libur. Gambar kendaraan aset perusahaan, kendaraan karyawan shift 1 dan 2 dapat dilihat pada gambar 4.2, 4.3 dan 4.4



Gambar 4.2 Kendaraan Aset Perusahaan



Gambar 4.3 Kendaraan Karyawan Shift 1



Gambar 4.4 Kendaraan Karyawan *Shift 2*

Traffic counting dilakukan tiga kali dalam sehari yaitu pada pukul 07.00 WIB, 16.00 WIB, dan pukul 19.00 WIB, dimana pada pukul 07.00 WIB adalah jam masuk kerja untuk karyawan kantor (*shift satu*) dan jam pulang kerja untuk karyawan di proses (*plant area*), pukul 16.00 WIB merupakan jam pulang kerja karyawan kantor dan pukul 19.00 WIB adalah jam masuk kerja untuk karyawan di proses. Jenis kendaraan yang didata adalah mobil roda empat yang menggunakan bahan bakar bensin, mobil roda empat yang menggunakan bahan bakar solar, pick up, mini bus, sepeda motor, pick up sampah, mobil *cathering* dan truk limbah B3. Data jumlah kendaraan berdasarkan jenis yang telah dihitung selama satu minggu dan rata-rata jumlah kendaraan pada hari kerja dan hari libur dapat dilihat pada tabel 4.3 dan 4.4 dan untuk data detail hasil dari *traffic counting* dapat dilihat pada lampiran I Tabel 1 sampai dengan Tabel 7

Tabel 4.3 Rekap Data *Traffic Counting*

Hari/ Tanggal	Lokasi	Jenis Kendaraan					Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
		Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick Up (Solar)	Mini bus (Solar)	Sepeda Motor (Bensin)		
Senin/27-02-2017	Parkiran PT PHE WMO	4	12	2	1	144	0,0558	0,0618
Selasa/28-02-2017		4	13	1	1	145	0,0558	0,0618
Rabu/01-03-2017		6	11	0	1	147	0,0558	0,0618
Kamis/02-03-2017		6	9	0	2	146	0,0558	0,0618
Jumat/03-03-2017		3	10	1	2	141	0,0558	0,0618
Sabtu/04-03-2017		2	8	1	0	76	0,0558	0,0618
Minggu/05-03-2017		7	12	1	0	59	0,0558	0,0618

Tabel 4.4 Rata Rata-Rata Jumlah Kendaraan Pada Hari Kerja dan Hari Libur

Lokasi	Jenis Kendaraan	Panjang Jalan (km)	Jumlah Kendaraan	
			Hari Kerja	Hari Libur
Parkiran Depan PT PHE WMO	Mobil (bensin)	0,0618	5	5
	Mobil (solar)	0,0618	11	10
	Pick Up	0,0618	1	1
	Mini Bus	0,0618	1	0
	Sepeda Motor	0,0558	145	68

Dari data diatas adalah dapat dilihat jumlah kendaraan yang masuk di kawasan PT PHE WMO. Dalam penelitian ini diasumsikan kendaraan yang pergi dan pulang sama dikarenakan kendaraan yang masuk di kawasan PHE WMO mayoritas pekerja, sehingga para pekerja masuk dan keluar sesuai jadwal. Setelah dilakukan perekapan data dilanjutkan dengan menghitung rata-rata jumlah kendaraan pada hari kerja dan hari libur, dengan tujuan untuk mengetahui jumlah kendaraan per hari pada hari kerja dan pada hari libur.

Tabel 4.5 Rata-Rata Jumlah Kendaraan Pada Hari Kerja dan Hari Libur

Lokasi	Jenis Kendaraan	Panjang Jalan (km)	Jumlah Kendaraan	
			Hari Kerja	Hari Libur
Parkiran PT PHE WMO	Mobil (bensin)	0,0618	5	5
	Mobil (solar)	0,0618	11	10
	Pick Up	0,0618	1	1
	Mini Bus	0,0618	1	0
	Sepeda Motor	0,0558	145	68

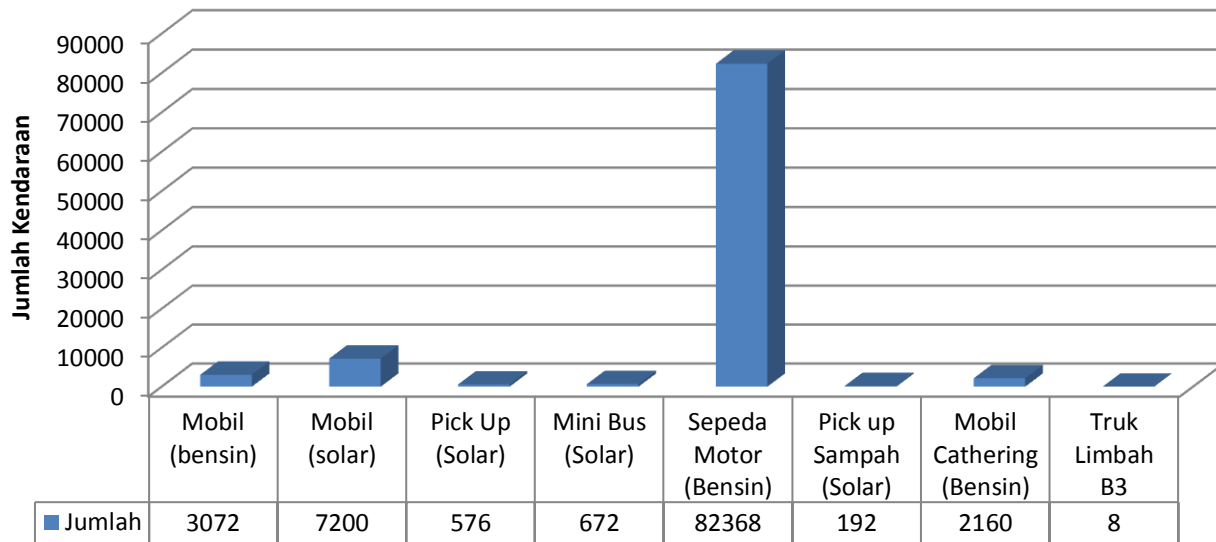
Dari data tersebut dapat dilihat perbedaan jumlah kendaraan yang signifikan antara hari aktif kerja, hari libur, *shift* satu dan *shift* dua. Hal tersebut dikarenakan banyaknya karyawan pada *shift* satu yang terdiri dari karyawan kantor, karyawan proses dan *security* lebih banyak daripada *shift* dua yang hanya terdiri dari karyawan proses dan *security*. Kemudian untuk data kendaraan lain yang masuk ke kawasan PT PHE WMO dapat dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4.6 Data Kendaraan Lain yang Masuk ke PT PHE WMO

Jenis Kendaraan	Banyaknya Aktivitas
Pick up Sampah (Solar)	2 kali / minggu
Mobil Cathering (Bensin)	3 kali/ hari
Truk Limbah B3	1 kali/3 bulan

Sumber: Statistik PHE WMO

Setelah dilakukan perhitungan rata-rata kemudian dilakukan perhitungan jumlah kendaraan per bulan dan per tahun (tahun 2017) dengan menggunakan rata-rata harian. Data Jumlah kendaraan per tahun PT PHE WMO dapat dilihat pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Data Kendaraan yang Masuk Kawasan PT PHE WMO Tahun 2017

Selain dari data primer, didapat data sekunder yaitu data aset kendaraan PT PHE WMO. Data aset kendaraan PT PHE WMO dapat dilihat pada lampiran I Tabel 8.

4.1.2 Data Aktivitas Sektor Limbah

Emisi GRK di ORF PT PHE WMO selain dihasilkan dari penggunaan *fuel gas*, pembakaran *flare*, aktivitas transportasi juga dihasilkan dari pengolahan limbah. Pada ORF PT PHE WMO dihasilkan tiga jenis limbah, yaitu air limbah domestik, air limbah drainase dan limbah industri. Limbah cair domestik yang dihasilkan berasal dari aktivitas sanitasi karyawan yang berupa tinja dan air seni. Air limbah domestik tidak dilakukan pengolahan, air limbah ini dialirkan langsung ke *septic tank*. Air limbah drainase dihasilkan dari kegiatan cuci piring, cuci peralatan dapur, cuci tangan, air wudhu dan air hujan. Air limbah drainase ini langsung dibuang ke badan air. Pembuangan limbah drainase ke badan air dilakukan pengecekan kualitas *effluent*. Air hujan yang ada ditampung dalam penampungan air hujan, yang kemudian dimanfaatkan untuk menyiram tanaman. Selain Air limbah domestik dan drainase, di PT PHE WMO juga menghasilkan limbah industri yang harus diolah yaitu berupa kondensat dan uap dari sistem perolehan kembali TEG (*Try Ethylene Glicol*).

Pemantauan kualitas limbah cair domestik di ORF dilakukan pada *effluent* limbah domestik dan air limbah drainase. Pengecekan *effluent* limbah domestik dan drainase ini menggunakan parameter minyak dan lemak serta TOC yang mengacu pada peraturan Baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.19 Tahun 2010 (Lampiran IA). Dari data hasil uji *effluent* limbah domestik dan drainase tidak terdapat uji Chemical Oxygen Demand (COD), dimana COD merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik. Selain tidak adanya pengukuran COD, pada air limbah domestik dan air limbah drainase PT PHE WMO juga tidak melakukan pengukuran debit secara kontinu, sehingga pada penelitian ini tidak dapat menghitung emisi pada limbah domestik dan air limbah drainase.

Pada sektor limbah yang dapat dihitung emisinya hanya limbah industri. Pengolahan limbah industri di PT PHE WMO menggunakan metode pengendalian kimiawi dan penyaringan

dua tingkat *cartridge* dan *carcoal* menggunakan sistem filtrasi. Pengendapan secara kimiawi dilakukan dengan menambahkan flokulan tiga jenis yang memiliki fungsi sebagai pemecah emulsi air dan minyak yang berwujud *liquid* (cair). Jenis-jenis flokulan yang digunakan yaitu Demulsifier 224 A dengan komposisi campuran senyawa yang mengandung karbonat dan klorida, Demulsifier 224 B dengan komposisi campuran senyawa yang mengandung polimer dan karbonat dan Demulsifier 224 C dengan komposisi campuran senyawa yang mengandung karbonat dan klorida.

Adanya Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk pengolahan limbah industri ini beroperasi mulai bulan oktober 2016 hingga sekarang, sehingga pengolahan masih dalam masa percobaan dan pengusulan ke Badan Penanaman Modal (Pelayanan Terpadu Satu Pintu) Kabupaten Gresik, Jawa Timur untuk mendapatkan izin beroperasi. Gambar unit Instalasi Pengolahan Air Limbah industri dapat dilihat pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri

Sebelum IPAL dibangun, limbah kondensat dan uap dari sistem perolehan kembali TEG di bakar menggunakan sistem *ground flare*. *Ground flare* terletak di halaman belakang ORF berupa tangki yang dikelilingi bak penampung dari bata untuk membakar uap *glycol*. *Ground flare* dianggap berbahaya untuk wilayah sekitar karena menimbulkan bau menyengat dan

pembakaran disekitar pipa-pipa produksi, sehingga ditemukan alternatif yaitu penggunaan IPAL sebagai pengolahan limbah kondensat dan uap glikol.

Pada penelitian ini data yang digunakan dalam perhitungan emisi sektor limbah adalah menggunakan data sekunder. Berikut adalah data karakteristik dan debit air limbah industri dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data Karakteristik dan Debit Air Limbah Industri

Sumber Limbah	Parameter	Bulan-tahun	Hasil Analisa	
			Inlet (mg/l)	Outlet (mg/l)
IPAL	COD	Jan-17	1089	23,4
		Feb-17	1018	<23,4
Rata-rata			1053.5	23,4

Sumber: Statistik PHE WMO

Tabel 4.8 Data Debit IPAL Limbah Industri

Bulan-Tahun	Debit	Satuan
Jan-17	17.200	liter
Feb-17	16.720	liter
Total	33.920	liter
Rata-rata	16.960	liter

Sumber: Statistik PT PHE WMO

Dapat dilihat dari data diatas terdapat karakteristik air limbah industri dengan parameter COD dan pengukuran debit selama dua bulan. Uji kualitas dilakukan pihak ketiga yaitu pada bulan oktober 2016 dan pengukuran debit dilakukan pada bulan januari 2017. Pada penelitian ini diambil dua data yaitu pada bulan januari dan bulan februari 2017 dikarenakan data tersebut lengkap meliputi data kualitas dan debit air limbah. Dari data dua bulan diatas diambil data rata-rata untuk asumsi perhitungan emisi air limbah dalam satu tahun.

4.2 Perhitungan Beban Emisi

Perhitungan emisi yang dihasilkan dari sektor energi dan sektor limbah PT PHE WMO menggunakan metode perhitungan dari IPCC *Guidelines* 2006. Beban emisi yang dihitung pada penelitian ini adalah CO₂, CH₄, SO_x dan NO_x.

4.2.1 Perhitungan Beban Emisi Sektor Energi

Pada sektor energi beban emisi yang dihitung bersumber dari sumber stasioner dan transportasi darat. Perhitungan beban emisi pada sektor energi menggunakan tingkat ketelitian (Tier 3) dimana menggunakan faktor emisi dari PT PHE WMO. Tier yang digunakan adalah Tier 3 dikarenakan berdasarkan metode yang lebih spesifik/akurat sesuai dengan teknologi yang digunakan. Data faktor emisi sektor energi PT PHE WMO terdapat pada tabel 4.8

Tabel 4.9 Data Faktor Emisi Sektor Energi PT PHE WMO

No	Sumber emisi	Faktor Emisi (ton)			
		CO ₂	CH ₄	SO _x	NO _x
1	Pembakaran Dalam dan Luar				
	Gas <i>Fuel Combustion</i> ORF	2,75	0,00042	0,0000128	0,0067
2	Suar Bakar				
	Flare Stack (U-200)	2,61	0,035	-	0,0015

Sumber: Statistik PT PHE WMO

4.2.1.1 Sumber Stasioner

Pada sumber stasioner beban emisi yang dihitung dari penggunaan *fuel gas* adalah CO₂, CH₄, SO_x, NO_x dan aktivitas *flare* adalah CO₂, CH₄ dan NO_x.

1. *Fuel Gas*

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT PHE WMO untuk menghitung emisi GRK CO₂, CH₄, SO_x, dan NO_x menggunakan tingkat ketelitian (Tier) 3, yaitu dengan menggunakan faktor emisi dari PT PHE WMO. Perhitungan beban emisi CO₂ menggunakan persamaan 3.4, maka diperoleh beban emisi penggunaan *fuel gas* pada tahun 2016 sebagai berikut :

$$Emissions_{GHG, fuel} = \frac{Fuel\ Consumption_{fuel} \times Emission\ Factor_{GHG, fuel}}$$

$$= 822880,28 \text{ ton} \times 2,75 \text{ ton}$$

$$= 2262920,78 \text{ ton CO}_2/\text{Tahun}$$

Pada perhitungan diatas dapat diketahui bahwa emisi CO₂ yang dihasilkan dari *fuel gas* pada Tahun 2016 sebesar 2262920,78 ton CO₂/Tahun. Perhitungan emisi GRK yang dihasilkan dari pembakaran *fuel gas* dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.10 Perhitungan Emisi CO₂ Pembakaran *Fuel Gas* PT PHE WMO

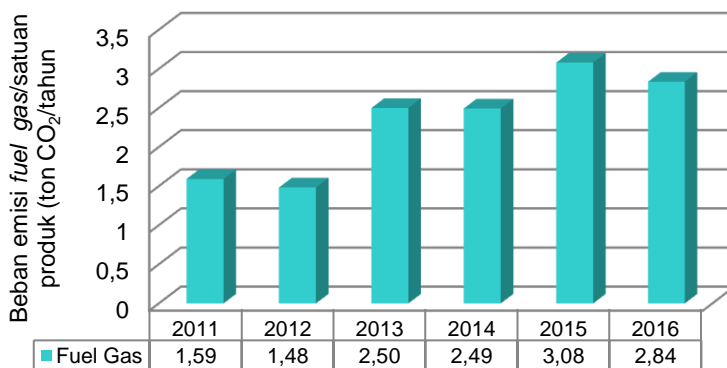
Tahun	Jumlah konsumsi <i>Fuel gas</i>		Faktor Emisi	Emisi CO ₂
	MMSCF	(ton)	(ton)	(ton CO ₂ /tahun)
2011	39724,06	807192,93	2,75	2219780,56
2012	30275,91	615206,42	2,75	1691817,65
2013	43051,96	874815,73	2,75	2405743,25
2014	42765,78	869000,69	2,75	2389751,90
2015	43875,71	891554,34	2,75	2451774,44
2016	40496,08	822880,28	2,75	2262920,78

Setelah menghitung emisi CO₂ dari pembakaran *fuel gas*, maka beban emisi CO₂ per tahun dibagi dengan produksi gas yang dihasilkan pertahunnya. Digunakan persamaan 3.6 untuk menghitung beban emisi tiap satuan gas produk.

Berikut adalah beban emisi CO₂ *fuel gas* 2016 tiap satuan produk :

$$\begin{aligned}
 E_{\text{tiap satuan produksi gas}} &= \frac{\text{Beban Emisi}}{\text{Produksi Gas}} \\
 &= \frac{2262920,78 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}}{798025,93 \text{ ton/tahun}} \\
 &= 2,84 \text{ ton CO}_2/\text{ton gas produk}
 \end{aligned}$$

Perhitungan beban emisi CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran *fuel gas* tiap satuan produk dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Beban Emisi CO₂ Pembakaran *Fuel Gas*

Data diatas menunjukkan beban emisi per tahun dibagi dengan total gas produk digunakan untuk mencari nilai intensitas per produk gas yang dihasilkan. Selain emisi CO₂, dari sumber stasioner pembakaran *fuel gas* juga menyumbang emisi CH₄. Pada penelitian ini digunakan faktor emisi dari PT PHE WMO yaitu 0,00042 ton dan menggunakan Tier 3 untuk menghitung beban emisi CH₄. Sesuai dengan persamaan 3.4 diperoleh beban emisi CH₄ *fuel gas* pada tahun 2016 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Emissions}_{\text{GHG}, \text{fuel}} &= \text{Fuel Consumption}_{\text{fuel}} \times \text{Emission} \\
 &\quad \text{Factor}_{\text{GHG}, \text{fuel}} \\
 &= 822880,28 \text{ ton} \times 0,00042 \text{ ton} \\
 &= 345,61 \text{ ton CH}_4/\text{Tahun} \\
 &= 8640,24 \text{ CO}_2\text{e ton/Tahun}
 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas menunjukkan bahwa emisi CH₄ yang dihasilkan dari *fuel gas* pada Tahun 2016 sebanyak 345,61 ton

CH₄/Tahun yang dikonversi ke dalam CO₂- Ekuivalen dengan menggunakan nilai *Global Warming Potential* (GWP) yaitu 25 sehingga diperoleh hasil beban emisi CH₄ pada *fuel gas* adalah 8640,24 CO₂e ton/Tahun. Perhitungan beban emisi CH₄ yang dihasilkan dari pembakaran *fuel gas* dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.10

Tabel 4.11 Perhitungan Emisi CH₄ Pembakaran *Fuel Gas* PT PHE WMO

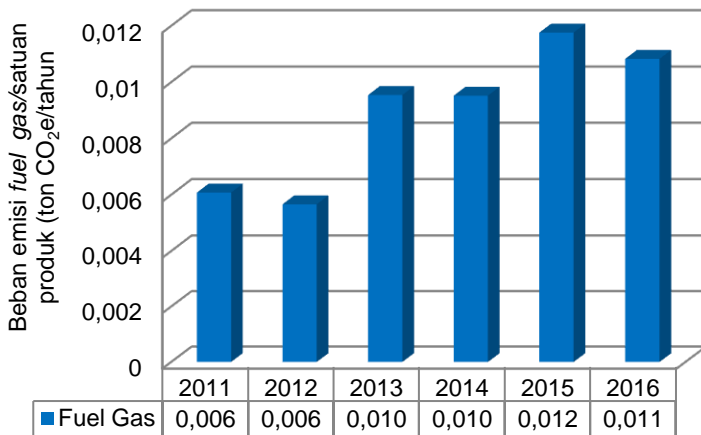
Tahun	Jumlah konsumsi <i>Fuel gas</i>		Faktor Emisi	Emisi CH ₄	CO ₂ e
	MMSCF	(ton)	(ton)	(ton CH ₄ /tahun)	(ton/Tahun)
2011	39724,06	807192,93	0,00042	339,02	8475,53
2012	30275,91	615206,42	0,00042	258,39	6459,67
2013	43051,96	874815,73	0,00042	367,42	9185,57
2014	42765,78	869000,69	0,00042	364,98	9124,51
2015	43875,71	891554,34	0,00042	374,45	9361,32
2016	40496,08	822880,28	0,00042	345,61	8640,24

Setelah menghitung emisi CH₄ dari pembakaran *fuel gas*, maka beban emisi CH₄ per tahun dibagi dengan produksi gas yang dihasilkan pertahunnya. Digunakan persamaan 3.6 untuk menghitung beban emisi tiap satuan gas produk.

Berikut adalah perhitungan beban emisi CH₄ *fuel gas* 2016 tiap satuan produk :

$$\begin{aligned}
 E_{\text{tiap satuan produksi gas}} &= \frac{\text{Beban Emisi}}{\text{Produksi Gas}} \\
 &= \frac{8640,24 \text{ kTon CO}_2\text{e ton/Tahun}}{798025,93 \text{ ton/tahun}} \\
 &= 0,011 \text{ CO}_2\text{e ton/ton gas produk}
 \end{aligned}$$

Perhitungan beban emisi CH₄ yang dihasilkan dari pembakaran *fuel gas* tiap satuan produk dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Beban Emisi CH₄ Pembakaran *Fuel Gas* Per Produk

Selanjutnya menghitung beban emisi polutan pada *fuel gas* yaitu SO_x dan NO_x. Perhitungan beban emisi SO_x dan NO_x menggunakan faktor emisi dari PT PHE WMO dan menggunakan tier 3. Sesuai dengan persamaan 3.4 diperoleh beban emisi SO_x dari *fuel gas* pada tahun 2016 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Emissions}_{GHG, fuel} &= \text{Fuel Consumption}_{fuel} \times \text{Emission Factor}_{GHG, fuel} \\
 &= 822880,28 \text{ ton} \times 0,0000128 \text{ ton} \\
 &= 10,53 \text{ ton SO}_x/\text{Tahun}
 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas menunjukkan bahwa emisi SO_x yang dihasilkan dari *fuel gas* pada Tahun 2016 sebanyak 10,53 ton SO_x/Tahun. Perhitungan emisi SO_x yang dihasilkan dari pembakaran *fuel gas* dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.12 Perhitungan Emisi SO_x Pembakaran *Fuel Gas* PT PHE WMO

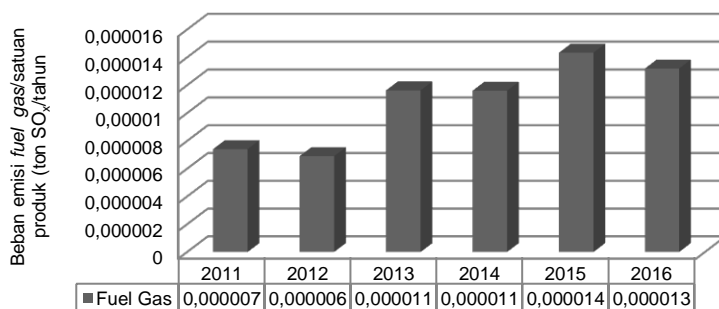
Tahun	Jumlah konsumsi <i>Fuel gas</i>		Faktor Emisi	Emisi SO _x
	MMSCF	(ton)	(ton)	(ton SO _x)
2011	39724,06	807192,93	0,0000128	10,33
2012	30275,91	615206,42	0,0000128	7,87
2013	43051,96	874815,73	0,0000128	11,20
2014	42765,78	869000,69	0,0000128	11,12
2015	43875,71	891554,34	0,0000128	11,41
2016	40496,08	822880,28	0,0000128	10,53

Setelah menghitung emisi SO_x dari pembakaran *fuel gas*, maka beban emisi SO_x per tahun dibagi dengan produksi gas yang dihasilkan pertahunnya. Digunakan persamaan 3.6 untuk menghitung beban emisi tiap satuan gas produk.

Berikut adalah beban emisi SO_x *fuel gas* 2016 tiap satuan produk:

$$\begin{aligned}
 E_{\text{tiap satuan produksi gas}} &= \frac{\text{Beban Emisi}}{\text{Produksi Gas}} \\
 &= \frac{10,53 \text{ tonSO}_x/\text{tahun}}{798025,93 \text{ ton/tahun}} \\
 &= 0,0000132 \text{ ton SO}_x/\text{ton gas produk}
 \end{aligned}$$

Perhitungan beban emisi SO_x yang dihasilkan dari pembakaran *fuel gas* tiap satuan produk dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Beban Emisi SO_x Pembakaran *Fuel Gas* Per Produk

Selanjutnya menghitung beban emisi polutan pada *fuel gas* yaitu NO_x. Perhitungan beban emisi NO_x menggunakan faktor emisi dari PT PHE WMO yaitu 0,0067 ton dan menggunakan tier 3. Sesuai dengan persamaan 3.4 diperoleh beban emisi NO_x dari *fuel gas* pada tahun 2016 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Emissions}_{GHG, fuel} &= \text{Fuel Consumption}_{fuel} \times \text{Emission} \\
 &\quad \text{Factor}_{GHG, fuel} \\
 &= 822880,28 \text{ ton} \times 0,0067 \text{ ton} \\
 &= 5513,30 \text{ ton NO}_x/\text{Tahun}
 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas menunjukkan bahwa emisi NO_x yang dihasilkan dari *fuel gas* pada Tahun 2016 sebanyak 5513,30 ton NO_x/Tahun. Perhitungan emisi NO_x yang dihasilkan dari pembakaran *fuel gas* dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.13 Perhitungan Emisi NO_x Pembakaran *Fuel Gas* PT PHE WMO

Tahun	Jumlah konsumsi <i>Fuel gas</i>		Faktor Emisi	Emisi NO _x
	MMSCF	(ton)	(ton)	(ton NO _x)
2011	39724,06	807192,93	0,0067	5408,19
2012	30275,91	615206,42	0,0067	4121,88
2013	43051,96	874815,73	0,0067	5861,27
2014	42765,78	869000,69	0,0067	5822,30
2015	43875,71	891554,34	0,0067	5973,41
2016	40496,08	822880,28	0,0067	5513,30

Setelah menghitung emisi NO_x dari pembakaran *fuel gas*, maka beban emisi NO_x per tahun dibagi dengan produksi gas yang dihasilkan pertahunnya. Digunakan persamaan 3.6 untuk

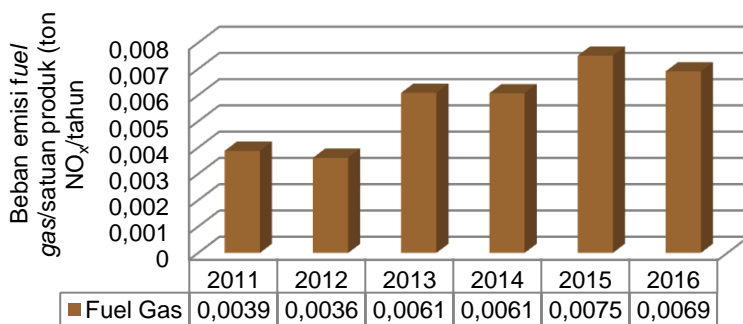
mengitung beban emisi tiap satuan gas produk. Berikut adalah beban emisi SO_x *fuel gas* 2016 tiap satuan produk:

$$E_{\text{tiap satuan produksi gas}} = \frac{\text{Beban Emisi}}{\text{Produksi Gas}}$$

$$= \frac{5513,30 \text{ tonSO}_x/\text{tahun}}{798025,93 \text{ ton/tahun}}$$

$$= 0,0069 \text{ ton SO}_x/\text{ton gas produk}$$

Perhitungan beban emisi NO_x yang dihasilkan dari pembakaran *fuel gas* tiap satuan produk dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Beban Emisi NO_x Pembakaran *Fuel Gas* Per Produk

2. Flare

Di ORF PT PHE WMO Gresik terdapat satu *flare* aktif dengan nama U-200. Pada aktivitas pembakaran *flare* terdapat tiga parameter sumber emisi yaitu CO_2 , CH_4 dan NO_x . Untuk menghitung emisi GRK CO_2 , CH_4 dan NO_x pada aktivitas pembakaran *flare* menggunakan tingkat ketelitian (Tier) 3, yaitu dengan menggunakan faktor emisi dari PT PHE WMO. Perhitungan beban emisi CO_2 menggunakan persamaan 3.5, maka diperoleh beban emisi pembakaran *flare* pada tahun 2016 sebagai berikut :

$$Emissions_{GHG,Flare} = Activity Data_{flare} \times Emission Factor_{GHG,flare}$$

$$= 19809,32 \text{ ton} \times 2,61 \text{ ton}$$

$$= 338802,33 \text{ ton CO}_2/\text{Tahun}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa emisi CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran *flare* gas pada Tahun 2016 sebesar 338802 ton CO₂/Tahun. Perhitungan emisi GRK yang dihasilkan dari pembakaran *flare* dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.13

Tabel 4.14 Perhitungan Emisi CO₂ Pembakaran *Flare* PT PHE WMO

Tahun	Jumlah aktivitas <i>Flare</i>		Faktor Emisi	Emisi CO ₂
	MMSCF	(ton)	(ton)	(ton CO ₂ /tahun)
2011	154252,76	3134416,11	2,61	8180826,05
2012	2372,62	48211,54	2,61	125832,11
2013	5546,45	112703,95	2,61	294157,30
2014	2128,54	43251,95	2,61	112887,60
2015	3603,10	73214,95	2,61	191091,02
2016	6388,25	129809,32	2,61	338802,33

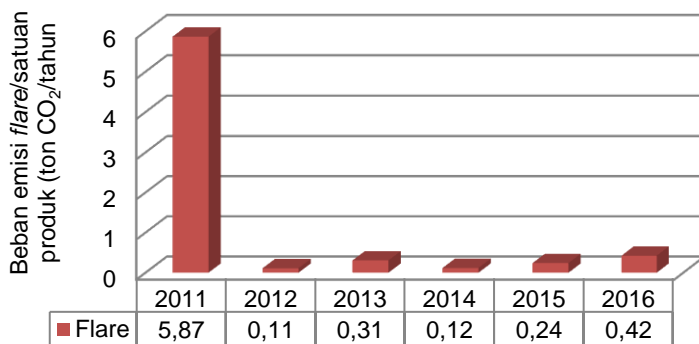
Setelah menghitung emisi CO₂ dari pembakaran *flare*, maka beban emisi CO₂ per tahun dibagi dengan produksi gas yang dihasilkan pertahunnya. Digunakan persamaan 3.6 untuk menghitung beban emisi tiap satuan gas produk. Berikut adalah beban emisi CO₂ *flare* 2016 tiap satuan produk :

$$E_{\text{tiap satuan produksi gas}} = \frac{\text{Beban Emisi}}{\text{Produksi Gas}}$$

$$= \frac{338802,33 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}}{798025,93 \text{ ton/tahun}}$$

$$= 0,42 \text{ ton CO}_2/\text{ton gas produk}$$

Perhitungan beban emisi CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran *flare* tiap satuan produk dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Gambar 4.11



Gambar 4.11 Beban Emisi CO₂ Pembakaran *Flare* Per Produk

Selanjutnya yaitu menghitung beban emisi CH₄ pada sumber emisi pembakaran *flare*. Pada penelitian ini digunakan faktor emisi dari PT PHE WMO yaitu 0,035 ton dan menggunakan Tier 3. Sesuai dengan persamaan 3.5 diperoleh beban emisi CH₄ *fuel gas* pada tahun 2016 dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Emissions}_{\text{GHG, flare}} &= \text{Activity Data}_{\text{flsre}} \times \text{Emission Factor}_{\text{flare}} \\
 &= 129809,32 \text{ ton} \times 0,035 \text{ ton} \\
 &= 4543,33 \text{ ton CH}_4/\text{Tahun} \\
 &= 113583,16 \text{ CO}_2\text{e ton/Tahun}
 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas menunjukkan bahwa emisi CH₄ yang dihasilkan dari pembakaran *flare* pada Tahun 2016 sebanyak 4543,33 ton CH₄/Tahun yang kemudian dikonversikan ke dalam CO₂e sehingga mendapatkan hasil 11358316 CO₂e ton/tahun. Perhitungan beban emisi CH₄ yang dihasilkan dari pembakaran *flare* dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.14

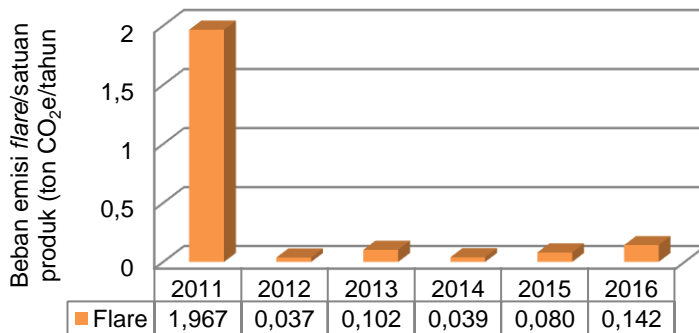
Tabel 4.15 Perhitungan Emisi CH₄ Pembakaran *Flare* PT PHE WMO

Tahun	Jumlah aktivitas <i>Flare</i>		Faktor Emisi	Emisi CH ₄	CO ₂ e
	MMSCF	(ton)	(ton)	(ton CH ₄ /tahun)	(ton/Tahun)
2011	154252,76	3134416,11	0,035	109704,56	2742614,10
2012	2372,62	48211,54	0,035	1687,40	42185,09
2013	5546,45	112703,95	0,035	3944,64	98615,95
2014	2128,54	43251,95	0,035	1513,82	37845,46
2015	3603,10	73214,95	0,035	2562,52	64063,08
2016	6388,25	129809,32	0,035	4543,33	113583,16

Setelah menghitung emisi CH₄ dari pembakaran *flare*, maka beban emisi CH₄ per tahun dibagi dengan produksi gas yang dihasilkan pertahunnya. Digunakan persamaan 3.6 untuk menghitung beban emisi tiap satuan gas produk. Berikut adalah perhitungan beban emisi CH₄ *flare* 2016 tiap satuan produk :

$$\begin{aligned}
 E_{\text{tiap satuan produksi gas}} &= \frac{\text{Beban Emisi}}{\text{Produksi Gas}} \\
 &= \frac{113583,16 \text{ CO}_2\text{e ton/Tahun}}{798025,93 \text{ ton/tahun}} \\
 &= 0,142 \text{ CO}_2\text{e ton/ton gas produk}
 \end{aligned}$$

Perhitungan beban emisi CH₄ yang dihasilkan dari pembakaran *flare* tiap satuan produk dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Gambar 4.12.

Gambar 4.12 Beban Emisi CH₄ Pembakaran *Fuel Gas* Per Produk

Selanjutnya menghitung beban emisi polutan pada *flare* yaitu NO_x. Perhitungan beban emisi NO_x menggunakan faktor emisi dari PT PHE WMO yaitu 0,0015 ton dan menggunakan tier 3. Sesuai dengan persamaan 3.5 diperoleh beban emisi NO_x dari *flare* pada tahun 2016 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Emissions}_{\text{flare}} &= \text{Activity Data}_{\text{flare}} \times \text{Emission Factor}_{\text{GHG, flare}} \\ &= 129809,32 \text{ ton} \times 0,0015 \text{ ton} \\ &= 194,71 \text{ ton NO}_x/\text{Tahun} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa emisi NO_x yang dihasilkan dari *flare* pada Tahun 2016 sebesar 194,71 ton NO_x/Tahun. Perhitungan emisi NO_x yang dihasilkan dari pembakaran *flare* dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.15

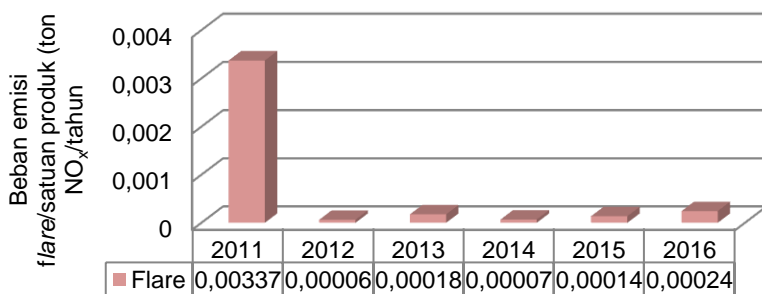
Tabel 4.16 Perhitungan Emisi NO_x Pembakaran *Flare* PT PHE WMO

Tahun	Jumlah aktivitas <i>Flare</i>		Faktor Emisi	Emisi NO _x
	MMSCF	(ton)		(ton NO _x /tahun)
2011	154252,76	3134416,11	0,0015	4701,62
2012	2372,62	48211,54	0,0015	72,32
2013	5546,45	112703,95	0,0015	169,06
2014	2128,54	43251,95	0,0015	64,88
2015	3603,10	73214,95	0,0015	109,82
2016	6388,25	129809,32	0,0015	194,71

Setelah menghitung emisi NO_x dari pembakaran *flare*, maka beban emisi NO_x per tahun dibagi dengan produksi gas yang dihasilkan pertahunnya. Digunakan persamaan 3.5 untuk menghitung beban emisi tiap satuan gas produk. Berikut adalah beban emisi NO_x/*flare* 2016 tiap satuan produk:

$$\begin{aligned}
 E_{\text{tiap satuan produksi gas}} &= \frac{\text{Beban Emisi}}{\text{Produksi Gas}} \\
 &= \frac{194,71 \text{ ton NO}_x/\text{tahun}}{798025,93 \text{ ton/tahun}} \\
 &= 0,00024 \text{ ton NO}_x/\text{ton gas produk}
 \end{aligned}$$

Perhitungan beban emisi NO_x yang dihasilkan dari pembakaran *fuel gas* tiap satuan produk dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Beban Emisi NO_x Pembakaran *Flare* Per Produk

4.2.1.2 Sumber transportasi darat

Kegiatan transportasi di kawasan *Onshore Receiving Facility* (ORF) PT PHE WMO terdiri dari aktivitas transportasi darat diantaranya adalah aktivitas kendaraan bermotor oleh karyawan, aktivitas kendaraan aset perusahaan, pengangkutan sampah, kendaraan *cathering* dan pengangkutan limbah B3. Perhitungan beban emisi yang dihasilkan dari aktivitas transportasi darat diperoleh dari Persamaan 3.2 dan persamaan 3.3, Dimana dari persamaan tersebut dibutuhkan data jumlah kendaraan, panjang jalan dan faktor emisi.

Faktor emisi yang digunakan merupakan faktor emisi Indonesia sesuai dengan jenis kendaraannya, Karena untuk faktor emisi CO_2 yang digunakan memiliki satuan g/kg BBM maka dibutuhkan data densitas (kg/L) masing-masing bahan bakar serta konsumsi energi spesifik (L/km) untuk tiap jenis kendaraan

bermotor. Sehingga pada perhitungan emisi kendaraan ini menggunakan Tier 2.

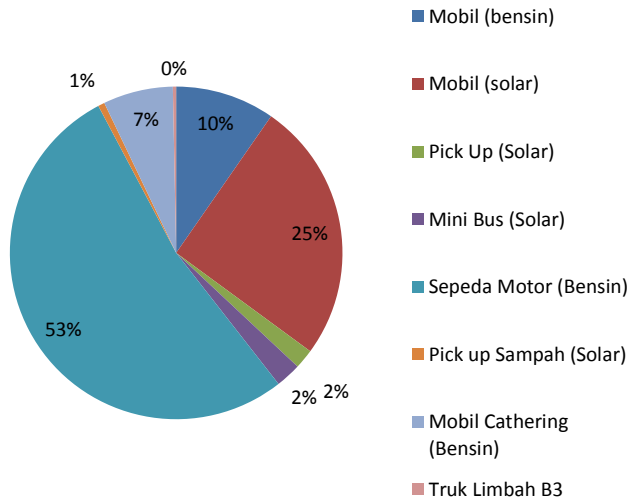
$$\begin{aligned}
 E_{\text{bus}} &= VKT_{ji} \times EF_{cj} (100-C)/100 \\
 &= (Q \times I) \times (EF \times \text{Densitas} \times K) \times (100-C)/100 \\
 &= 82368 \text{ kendaraan/thn} \times 0,050 \text{ km} \times 3180 \text{ g/kg} \times \\
 &\quad 0,72\text{kg/L} \times 2,66 \text{ L/100 km} \times 100 \\
 &= 2508424,40 \text{ gCO}_2/\text{tahun} \\
 &= 2508,24 \text{ kgCO}_2/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Perhitungan tersebut menunjukkan bahwa emisi yang dihasilkan oleh sepeda motor adalah 2508,24 kg CO₂/tahun. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa total emisi CO₂ yang dihasilkan dari transportasi darat yaitu 0,0047 kTon CO₂/tahun. Perhitungan beban emisi CO₂ dari transportasi darat secara lengkap terdapat pada Lampiran 2. Data beban emisi CO₂ Transportasi Darat dapat dilihat pada tabel 4.16

Tabel 4.17 Beban emisi CO₂ Transportasi Darat

Jenis Kendaraan	Emisi CO ₂ (ton/tahun)
Mobil (bensin)	0,51
Mobil (solar)	1,35
Pick Up (Solar)	0,10
Mini Bus (Solar)	0,13
Sepeda Motor (Bensin)	2,80
Pick up Sampah (Solar)	0,03
Mobil Cathering (Bensin)	0,36
Truk Limbah B3	0,02
Total (ton CO₂/tahun)	5,30

Persentase emisi CO₂ tiap jenis kendaraan dapat dilihat pada Gambar 4.14



Gambar 4.14 Persentase Emisi CO₂ Tiap Jenis Kendaraan

4.2.2 Perhitungan Beban Emisi Sektor Limbah

Beban emisi Emisi yang dihasilkan dari sektor limbah yaitu emisi CH₄. Gas metana dihasilkan dari sisa hidrokarbon yang terkandung dalam liquid glikol pada saat pemurnian gas. Glikol mudah terdegradasi menggunakan pengolahan aerobik maupun penambahan bahan kimia, jika glikol terdegradasi sempurna maka tidak menghasilkan karbon dioksida (Geneva, 2000). Perhitungan beban emisi CH₄ pada IPAL menggunakan data dua bulan debit IPAL dan 2 bulan hasil analisis COD IPAL, hal tersebut dikarenakan IPAL di PHE WMO baru terbangun masih pada tahap trial dan pengusulan izin beroperasi, sehingga data kualitas dan kuantitas hanya ada 2 bulan, yaitu bulan Januari dan Februari. Pada penelitian ini menggunakan debit rata-rata perbulan dan COD rata-rata per bulan yang dijadikan satu tahun.

Perhitungan beban emisi CH₄ dari limbah industri dihitung dengan Persamaan 3.7. Sebelum menghitung emisi CH₄, terlebih

dahulu dihitung TOW dan faktor emisi. Nilai TOW dihitung berdasarkan nilai COD air limbah.

$$\begin{aligned}
 Q_{MCWWTP} &= 16,960 \text{ L/bulan.} \\
 \text{COD}_{in} &= 1053,5 \text{ mg/L} \\
 \text{COD}_{out} &= 23,4 \text{ mg/L} \\
 \text{COD} &= \text{COD}_{in} - \text{COD}_{out} \\
 &= 1030,1 \text{ mg/L} \\
 \text{TOW} &= \text{Debit air limbah (L/tahun)} \times \text{COD (mg/L)} \\
 &= 203,520 \text{ L/tahun} \times 1030,1 \text{ mg/L} \\
 &= 209,65 \text{ kg COD/tahun}
 \end{aligned}$$

Setelah menghitung TOW, kemudian dihitung faktor emisi dengan menggunakan Persamaan 3.8. Dimana nilai *default* IPCC untuk Bo dan MCF berturut-turut yaitu 0,25 kg CH₄/kg COD dan 0,3.

$$\begin{aligned}
 \text{EF} &= \text{Bo} \times \text{MCF} \\
 &= 0,25 \text{ kg CH}_4/\text{kg COD} \times 0,3 \\
 &= 0,075 \text{ kg CH}_4/\text{kg COD}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan emisi CH₄ yang dihasilkan dengan menggunakan Persamaan 3.7

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CH}_4 &= [(\text{TOW}_i - \text{Si}) \times \text{EF} - \text{Ri}] \\
 &= [(209,65 \text{ kg COD/tahun} - 0) \times 0,075 \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}] - 0 \text{ kg CH}_4/\text{tahun} \\
 &= 15,72 \text{ kg CH}_4/\text{tahun} \\
 &= 0,016 \text{ ton CH}_4/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Total emisi CH₄ yang dihasilkan dari limbah cair IPAL PT PHE WMO adalah sebanyak 0,016 ton CH₄/tahun. Hasil perhitungan beban emisi CH₄ dari limbah industri kemudian dikonversikan menjadi CO₂ equivalen.

$$\begin{aligned}
 E_{\text{CO}_2 \text{ CH}_4 \text{ IPAL}} &= \text{CH}_4 \times 25 \text{ ton CO}_2 \\
 &= 0,016 \text{ ton/tahun} \times 25 \text{ ton CO}_2 \\
 &= 0,3930 \text{ tonCO}_2\text{e}
 \end{aligned}$$

4.3 Total Beban Emisi PT PHE WMO

Pada penelitian ini beban emisi yang dihitung adalah beban emisi GRK dan polutan dari sektor energi dan sektor limbah PT PHE WMO. Jumlah total beban emisi GRK PT PHE WMO dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.18 Total Beban Emisi GRK PT PHE WMO

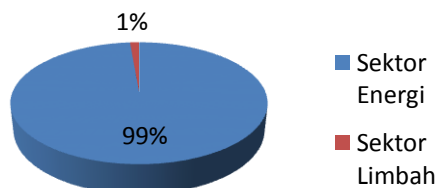
Sektor	Sumber	Parameter		Total (ton CO ₂ e)	Total (ton CO ₂ e)
		CO ₂	CH ₄		
Sektor Energi	<i>Fuel Consumption</i>	13,9823	0,0534	14,0357	28,7674
	<i>Flare</i>	7,0641	2,3682	9,4323	
	Transportasi darat	5,2994	-	5,2994	
Sektor limbah	Limbah	-	0,3931	0,3931	0,3931
Total (ton CO₂e)					29,1605

Jumlah total beban emisi polutan PT PHE WMO dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.19 Total Beban Emisi Polutan PT PHE WMO

Sektor	Sumber	Parameter	
		SO _x	NO _x
Sektor Energi	<i>Fuel Consumption</i>	0,00007	0,0341
	<i>Flare</i>	-	0,0041
Total (ton)		0,00007	0,0381

Berikut adalah Persentase total beban emisi GRK selama 5 tahun PT PHE WMO :



Gambar 4.15 Persentase Total Beban Emisi PT PHE WMO

Persentase diatas menunjukkan sektor limbah menghasilkan emisi sangat sedikit karena di PT PHE WMO IPAL industri dilakukan pengoperasian dan dimulai *trial* pada tahun 2017.

4.4 Perbandingan Perhitungan Beban Emisi Menggunakan Tier 1 dan Tier 3

Pada sektor energi, beban emisi yang dihitung bersumber dari sumber stasioner dan transportasi darat. Perhitungan beban emisi pada sektor energi menggunakan tingkat ketelitian (Tier) 3 dimana menggunakan faktor emisi dari PT PHE WMO. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan perhitungan menggunakan tier 1 dan tier 3. Pada Tier 1 menggunakan faktor emisi default IPCC dan default ABC *Emission Inventory Manual*. Rumus yang digunakan pada perhitungan ini menggunakan persamaan 3.4.

Pada perhitungan menggunakan tier 1 menggunakan faktor konversi 0,017154 untuk penyetaraan jumlah konsumsi Tj/Ton ke Tj. Contoh perhitungan beban emisi CO₂ dengan menggunakan Tier 1 pada tahun 2016 adalah sebagai berikut:

- **Sumber Stasioner**

Fuel Gas

Beban emisi CO₂ *fuel gas* dapat dihitung menggunakan persamaan 3.4, maka diperoleh beban emisi penggunaan *fuel gas* pada tahun 2016 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Konversi Tj/Ton ke Tj} &= 822880,28 \text{ ton} \times 0,017154 \text{ Tj/Ton} \\ &= 14115,69 \text{ Tj}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emissions}_{GHG, fuel} &= \text{Fuel Consumption}_{fuel} \times \text{Emission} \\ &\quad \text{Factor}_{GHG, fuel} \\ &= 14115,69 \text{ Tj} \times 64200 \text{ kg/Tj} \\ &= 906227195,5 \text{ kg CO}_2 \\ &= 52828914273,89 \text{ ton CO}_2\end{aligned}$$

Perhitungan emisi GRK yang dihasilkan dari pembakaran *fuel gas* dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.19 dan untuk perhitungan lengkap perbandingan perhitungan menggunakan Tier 1 dapat dilihat pada Lampiran V.

Tabel 4.20 Perhitungan Emisi CO₂ Pembakaran *Fuel Gas* (Tier 1)

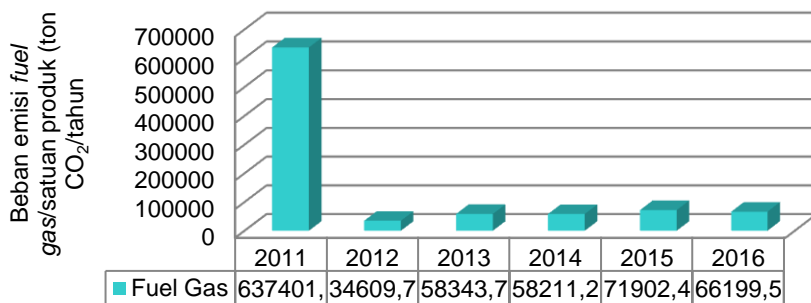
TH	Jumlah Konsumsi <i>Fuel Gas</i>		Fakt-Or Konversi	Juml-Ah Konsumsi	Faktor Emisi (Default)	Emisi CO ₂	EmisiCO ₂
	MMSCF	(ton)	(TJ/ton)	(TJ)	(Kg CO ₂ /Tj)	Kg CO ₂	(ton CO ₂ /tahun)
2011	39724,06	807192,93	0,017154	13846,59	64200	888950921,4	888950921419,07
2012	30275,91	615206,42	0,017154	10553,25	64200	677518709,4	39496252149,57
2013	43051,96	874815,73	0,017154	15006,59	64200	963423011	56163169583,52
2014	42765,78	869000,69	0,017154	14906,84	64200	957018989,4	55789844313,41
2015	43875,71	891554,34	0,017154	15293,72	64200	981857028,2	57237788747,16
2016	40496,08	822880,28	0,017154	14115,69	64200	906227195,5	52828914273,89

Setelah menghitung emisi CO₂ dari pembakaran *fuel gas*, maka beban emisi CO₂ per tahun dibagi dengan produksi gas yang dihasilkan pertahunnya. Digunakan persamaan 3.5 untuk menghitung beban emisi tiap satuan gas produk.

Berikut adalah beban emisi CO₂ *fuel gas* 2016 tiap satuan produk :

$$E_{\text{tiap satuan produksi gas}} = \frac{\text{Beban Emisi}}{\text{Produksi Gas}}$$

Perhitungan beban emisi CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran *fuel gas* tiap satuan produk dapat dilihat pada gambar grafik berikut :



Gambar 4.16 Beban Emisi CO₂ *Fuel Gas* (Tier 1)

Perhitungan detail beban emisi yang dihitung menggunakan Tier 1 dapat dilihat pada lampiran 5. Berikut adalah tabel jumlah total Perhitungan menggunakan Tier 1 :

Tabel 4.21 Total Beban Emisi GRK (Tier 1)

Sektor	Sumber	Parameter		Total (ton CO ₂ e)	Total (ton CO ₂ e)
		CO ₂	CH ₄		
Sektor Energi	<i>Fuel Consumption</i>	926667,8	6541,4	933209,2	933283,2
	<i>Flare</i>	45,4	23,2	68,7	
	Transportasi darat	5,2	-	5,2	
Sektor limbah	Limbah	-	0,393	0,393	0,3931
Total (ton CO ₂ e)					933283,6

Tabel 4.22 Total Beban Emisi Polutan (Tier 1)

Sektor	Sumber	Parameter	
		SO _x	NO _x
Sektor Energi	<i>Fuel Consumption</i>	0,06	645,4
	<i>Flare</i>	-	32,5
Total (ton)		0,06	677,9

Dilihat dari tabel diatas beban emisi yang telah dihitung menggunakan Tier 1 (menggunakan faktor emisi default IPCC dan ABC) hasil perhitungan beban emisinya lebih besar dibandingkan dengan menggunakan Tier 3.

4.5 Program Reduksi Emisi

Program reduksi emisi yang digunakan untuk mereduksi GRK menggunakan sistem internal dan eksternal. Sistem internal adalah mengganti peralatan produksi atau menambah alat untuk pengendalian emisi. Sedangkan sistem eksternal adalah dengan menambah fasilitas diluar produksi, sebagai contoh Ruang Terbuka Hijau (RTH), pemanfaatan emisi CO₂ sebagai produk yang bermanfaat dan bergaya hidup *eco life style*.

Program reduksi emisi yang diusulkan pada penelitian ini menggunakan sistem eksternal yaitu perencanaan RTH dan penangkapan emisi CO₂ dengan larutan absorban menjadi produk bermanfaat (CO₂ Capture). Ruang Terbuka Hijau (RTH) dapat menyerap kadar karbondioksida (CO₂), menambah oksigen, menurunkan suhu dengan keteduhan dan kesejukan tanaman, menjadi area resapan air, serta meredam kebisingan.

Untuk menghitung luasan RTH menggunakan metode *Box Model*. Pada penelitian ini GRK yang dihasilkan dari sektor energi dan sektor limbah dilakukan perhitungan menggunakan *box model*. Beban emisi yang telah dihitung kemudian dijumlah dan diekuivalenkan dengan CO₂. Terdapat beberapa asumsi yang digunakan dalam *box model* pada penelitian ini, yaitu:

- a. Laju emisi polutan konstan (relatif tetap). Udara yang bergerak dibatasi dari atas oleh lapisan udara yang stabil pada ketinggian H (Hassan, 1998).
- b. Metode ini dihitung dengan dua batas atas ketinggian (H). Ketinggian pertama merupakan tinggi inversi (H_1) yaitu tinggi pencampuran udara. Ketinggian kedua yaitu ketinggian pohon rata-rata yang berada di kawasan PT PHE WMO (H_2). Emisi dengan batas atas H_2 dianggap sebagai emisi CO_2 yang menjadi tanggungjawab RTH. Emisi yang berada pada batas tersebut digunakan sebagai indikator emisi CO_2 yang dihasilkan apakah berbahaya atau tidak terhadap penduduk di sekitar PT PHE WMO
- c. *Box* pada penelitian ini merupakan kawasan PT PHE WMO

Di dalam penyebarannya, emisi pencemar juga dipengaruhi oleh arah dan kecepatan angin (U). Data Arah dan Kecepatan Angin di Kawasan PT PHE WMO terdapat pada tabel 4.22

Tabel 4.23 Data Arah dan Kecepatan Rata-Rata Angin

Bulan	Kecepatan rata-rata (m/s)	Arah terbanyak
Januari	1	Barat
Maret	0,4	South
Mei	0,4	South
Agustus	0,4	South
Nopember	0,4	Barat

Sumber: Statistik PT PHE WMO

4.5.1 Perhitungan Emisi GRK dengan Metode *Box Model*

Perhitungan emisi GRK dengan metode *box model* berdasarkan persamaan 3.11. Perhitungan digunakan untuk beban emisi per tahun. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

- $L = 177 \text{ m}$
(Panjang L diukur dari titik sumber emisi terbesar ke batas kawasan PT PHE WMO)

- Luas kawasan PHE WMO= 18,74 Ha = 187400 m²
- Arah angin = Selatan
(Arah angin yang digunakan merupakan arah angin dominan yang terjadi dalam satu tahun.)
- U = 0,52 m/s
(Nilai U yang diambil merupakan kecepatan angin rata-rata dalam satu tahun)
- Tinggi inversi = 1410 m
(Tinggi inversi yang digunakan yaitu tinggi inversi Surabaya. Karena pada penelitian ini tidak terdapat data tinggi inversi untuk kabupaten Gresik. Tinggi inversi diperoleh dari data BMKG Surabaya)
- Total emisi CO₂e rata-rata per tahun = total emisi lima tahun/ 5 (tahun)
= 29,1605/5 = 5,83 ton/ tahun = 185 mg/detik

Kemudian dilakukan perhitungan untuk memperoleh nilai waktu tempuh (t) dan rata-rata emisi pencemar per meter persegi (q).

$$\begin{aligned}
 t &= L / U \\
 &= 177 \text{ m} / 0,52 \text{ m/detik} \\
 &= 340,38 \text{ detik} \\
 q &= \text{Total emisi CO}_2 / \text{Luas kawasan PHE WMO} \\
 &= 185 \text{ mg/detik} / 187400 \text{ m}^2 \\
 &= 0,001 \text{ mg/m}^2/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai t dan q, selanjutnya dihitung nilai C(t) sesuai dengan Persamaan 3.11.

$$\begin{aligned}
 C(t) &= \frac{qL}{UH} (1 - e^{(-Ut)/L}) \\
 &= \frac{0,001 \times 177}{0,52 \times 1410} (1 - e^{(-0,52 \times 340,38)/177}) \\
 &= 0,0002 \text{ mg/m}^3
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung volume kawasan PT PHE WMO atau volume *box*.

$$\begin{aligned}
 V &= \text{Luas PHE WMO (m}^2\text{)} \times \text{Tinggi Inversi (m)} \\
 &= 187400 \text{ m}^2 \times 1410 \text{ m} = 264.234.000 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Kemudian dilakukan perhitungan massa CO₂ dalam wilayah kawasan PHE WMO.

$$\begin{aligned}
 \text{Massa CO}_2 &= [C(t) \times \text{Volume box}] / t \\
 &= [0,0002 \text{ mg/m}^3 \times 264.234.000 \text{ m}^3] / \\
 &\quad 340,38 \text{ detik} \\
 &= 116,90 \text{ mg/detik} \\
 &= 0,12 \text{ g/detik}
 \end{aligned}$$

Massa CO₂ yang didapatkan dari hasil perhitungan tersebut merupakan besar emisi CO₂ dalam *box* dengan batas atas H₁. Selanjutnya dihitung emisi CO₂ dalam batas H₂ (tinggi pohon rata-rata). Emisi yang berada pada batas atas H₂ merupakan indikator untuk mengetahui apakah penduduk di wilayah tersebut dalam kondisi aman atau tidak dari keberadaan emisi CO₂ yang berasal dari aktivitas produksi PHE WMO

- Rata-rata tinggi pohon di kawasan PT PHE WMO = 4 m
- Emisi CO₂ dalam batas H₁ = 0,12 g/detik

$$\begin{aligned}
 \text{Massa CO}_2 &= \frac{\text{Tinggi pohon rata-rata}}{\text{Tinggi inversi}} \times \text{emisi CO}_2 \text{ batas H}_1 \\
 &= \frac{4 \text{ m}}{1410 \text{ m}} \times 0,12 \text{ g/detik} \\
 &= 0,0003 \text{ g/detik} \\
 &= 10,458 \text{ kg/Tahun} \\
 &= 0,010 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa terjadi penurunan jumlah emisi CO₂ di udara setelah dihitung berdasarkan *box model*. Hal ini disebabkan karena *box model* merupakan batas penyebaran maksimal emisi tersebut di udara (Pratiwi, 2012).

4.5.2 Alternatif Program Reduksi Emisi menggunakan RTH dan CO₂ Capture

Selanjutnya yaitu menentukan RTH di kawasan PT PHE WMO untuk mengurangi tingkat pencemaran udara berupa emisi GRK. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai luasan RTH

yang dibutuhkan untuk kawasan PT PHE WMO. Sehingga didapatkan hasil luasan RTH yang mampu mereduksi emisi yang dihasilkan oleh PT PHE WMO pada tahun 2016.

Hasil dari perhitungan emisi CO₂ berdasarkan *box model* di kawasan PT PHE WMO yaitu sebesar 10,458 kg/Tahun. Jenis pohon yang terdapat di kawasan PHE WMO yaitu pohon Trembesi dan Mahoni dan kiara payung. Untuk menghitung luasan RTH yang berfungsi sebagai penyerap emisi, maka dibutuhkan data mengenai daya serap pohon.

Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan luas RTH dengan pilihan pohon yaitu Trembesi, Mahoni dan Kiara Payung. Menurut Dahlan (2007) pohon Trembesi (*Samanea Saman*) merupakan pohon yang terbukti menyerap paling banyak karbon dioksida sebesar 28488 kg/Ha/Tahun CO₂, pohon Mahoni (*Swettiana Mahagoni*) dapat menyerap CO₂ sebesar 295,73 kg/Ha/Tahun CO₂ dan pohon Kiara Payung (*Fellicium Decipiens*) dapat menyerap CO₂ sebesar 404,83 kg/Ha/Tahun CO₂. Sehingga dapat dihitung luas RTH yang diperlukan pada masing-masing opsi menggunakan Persamaan :

$$\text{Total Daya Serap CO}_2 = \text{Daya serap pohon} \times \text{Luas RTH}$$

Perhitungan luas RTH jika ditanami pohon Trembesi dengan daya serap 28488 kg/Ha/Tahun adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Luas RTH} &= \frac{\text{Total Daya Serap CO}_2}{\text{Daya Serap Pohon}} \\ &= \frac{10,458 \text{ kg/Tahun}}{28488 \text{ kg/Ha/Tahun}} \\ &= 0,00037\text{ha} \\ &= 3,7\text{m}^2 \end{aligned}$$

Apabila RTH yang akan disediakan ditanami pohon Mahoni dengan daya serap 295,73 kg/Ha/Tahun, maka dibutuhkan luas RTH sebesar:

$$\text{Luas RTH} = \frac{\text{Total Daya Serap CO}_2}{\text{Daya Serap Pohon}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{10,458 \text{ kg/Tahun}}{295,73 \text{ kg/Ha/Tahun}} \\
 &= 0,03536 \text{ ha} \\
 &= 353,6 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Sedangkan apabila RTH yang akan disediakan ditanami pohon Kiara Payung dengan daya serap 404,83 kg/Ha/Tahun, maka dibutuhkan luas RTH sebesar:

$$\begin{aligned}
 \text{Luas RTH} &= \frac{\text{Total Daya Serap CO}_2}{\text{Daya Serap Pohon}} \\
 &= \frac{10,458 \text{ kg/tahun}}{404,83 \text{ kg/Ha/Tahun}} \\
 &= 0,02590 \text{ ha} \\
 &= 259 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Vegetasi lahan terbuka memiliki peran penting untuk menjaga keseimbangan sistem ekologi. Dalam peranannya sebagai penyerap CO₂ yang digunakan dalam proses fotosintesis, tumbuhan mampu mereduksi karbon dioksida yang ada di lingkungan sekitar PT PHE WMO. Selain dari jenis pepohonan, jenis vegetasi seperti semak belukar, padang rumput dan sawah juga mampu menyerap CO₂. Meskipun jumlahnya tidak sebesar yang diserap oleh pohon.

Jika semakin luas RTH dan semakin banyak pepohonan yang ditanam, maka penyerapan CO₂ akan semakin tinggi dan produksi oksigen dari hasil fotosintesis tumbuhan akan semakin banyak pula. Kondisi eksisting daerah sekitar PT PHE WMO terdapat area hijau yang terletak di Utara PHE WMO yaitu seluas 7,3 Ha yang berupa hutan mangrove.

Jika dibandingkan dengan RTH yang dibutuhkan untuk dapat menyerap seluruh emisi yang dihasilkan oleh PT PHE WMO, area hijau tersebut sudah cukup untuk menyerap emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas PT PHE WMO, namun hutan mangrove terletak di sebelah barat laut area kerja PT PHE WMO, sedangkan arah angin dominan ke arah selatan, maka diperlukan perencanaan RTH untuk mereduksi emisi PT PHE WMO yang

akan diletakkan di sebelah selatan area kerja PT PHE WMO. Data kecepatan rata-rata angin dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 24 Data Kecepatan Rata-rata dan Arah Angin Dominan PT PHE WMO

Bulan	Kecepatan rata-rata (m/s)	Arah terbanyak
Jan-16	1	Barat
Mar-16	0,4	South
Mei-16	0,4	South
Agust-16	0,4	South
Nop-16	0,4	Barat
Rata-rata	0,52	South

Sumber : Statistik PT PHE WMO

4.5.2.1 Penyerapan Emisi CO₂ oleh RTH

Untuk menghitung kerapatan tajuk dibutuhkan data % kerapatan dari RTH yang ada. Persen kerapatan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan persenan maksimal sesuai dengan Perda Kabupaten Gresik Nomor 10 Tahun 2010 tentang Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau.

Tabel 4.25 Daya Serap RTH dan Persen Kerapatan Tajuk

Jenis	Daya Serap (Kg CO ₂ /Ha/ Tahun)	Kg/Pohon/Hari	% Kerapatan Tajuk	Range dari Perda	luas tajuk	Diame-ter (m)
Trembesi	28488	78,05	90%	90-100%	4000 m2	4,5
Mahoni	295,73	0,81	90%	90-100%	3000 m2	2,25
Kiara Payung	404,83	1,11	85%	80-90%	1000 m2	0,1

Dari tabel diatas dapat dilakukan perhitungan jumlah pohon dan daya serap emisi CO₂ dengan rumus :

$$\text{Luas tajuk} = 0,25 \times \pi \times d^2 \times (\% \text{luas tajuk} \times n \text{ pohon})$$

- **Pohon Trembesi**

$$\begin{aligned}\text{Luas tajuk} &= 0,25 \times \pi \times d^2 \times (\% \text{luas tajuk} \times n \text{ pohon}) \\ 4000 \text{ m}^2 &= 0,25 \times 3,14 \times 4,5^2 \times 90\% \times n \\ N &= 279 \text{ pohon}\end{aligned}$$

Vegetasi dalam satu Hektare (Ha)

$$\text{Daya serap pohon Trembesi} = 78,05 \text{ kg CO}_2/\text{Ha}/\text{Hari}$$

Jumlah daya serap pohon trembesi

$$= 78,05 \text{ CO}_2/\text{Ha}/\text{Hari} \times 279 \text{ Pohon}$$

$$= 21775,76 \text{ Kg}/\text{Ha}/\text{Hari}$$

- **Pohon Mahoni**

$$\begin{aligned}\text{Luas tajuk} &= 0,25 \times \pi \times d^2 \times (\% \text{luas tajuk} \times n \text{ pohon}) \\ 1000 \text{ m}^2 &= 0,25 \times 3,14 \times 2,25^2 \times 90\% \times n \\ N &= 280 \text{ pohon}\end{aligned}$$

Vegetasi dalam satu Hektare (Ha)

$$\text{Daya serap pohon Mahoni} = 0,81 \text{ kg CO}_2/\text{Ha}/\text{Hari}$$

Jumlah daya serap pohon Mahoni

$$= 0,81 \text{ CO}_2/\text{Ha}/\text{Hari} \times 280 \text{ Pohon}$$

$$= 226,86 \text{ Kg}/\text{Ha}/\text{Hari}$$

- **Pohon Kiara Payung**

$$\begin{aligned}\text{Luas tajuk} &= 0,25 \times \pi \times d^2 \times (\% \text{luas tajuk} \times n \text{ pohon}) \\ 300 \text{ m}^2 &= 0,25 \times 3,14 \times 1^2 \times 85\% \times n \\ N &= 449 \text{ pohon}\end{aligned}$$

Vegetasi dalam satu Hektare (Ha)

$$\begin{aligned}\text{Daya serap pohon Kiara Payung} &= 1,11 \text{ kg} \\ \text{CO}_2/\text{Ha}/\text{Hari}\end{aligned}$$

Jumlah daya serap pohon Mahoni

$$= 1,11 \text{ CO}_2/\text{Ha}/\text{Hari} \times 449 \text{ Pohon}$$

$$= 493 \text{ Kg}/\text{Ha}/\text{Hari}$$

Jika dijumlahkan daya RTH terhadap emisi CO₂ dalam satu hektare (Ha) adalah :

$$\begin{aligned}&= \text{Daya serap Pohon Trembesi} + \text{Daya serap Pohon Mahoni} + \\ &\quad \text{Daya serap Pohon Kiara Payung}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 21775,76 \text{ Kg/Ha/Hari} + 226,86 \text{ Kg/Ha/Hari} + 493 \\
 &\quad \text{Kg/Ha/Hari} \\
 &= 22501,01 \text{ kg/Ha/Hari}
 \end{aligned}$$

Daya serap vegetasi dapat dilihat pada tabel 4.25 :

Tabel 4.26 Daya Serap Vegetasi Dalam Satu Hektare (Ha)

Jenis Pohon	Jumlah pohon	Daya serap	
		kg/pohon.hari	Kg/Ha/hari
Trembesi	279	78,05	21775,76
Mahoni	280	0,81	226,86
Kiara payung	449	1,11	498,39
Total			22501,01

Hasil dari data diatas dapat diketahui bahwa vegetasi dalam 1 Ha dapat menyerap emisi sebesar 22501,01 kg/ha/hari. Dengan penyerapan paling besar adalah pohon trembesi. Namun hasil perhitungan luasan RTH yang diperlukan untuk mereduksi emisi di PT PHE WMO tidak sampai 1 (satu) Ha, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Jumlah pohon = jumlah pohon/Ha x luas RTH yang dibutuhkan

Contoh perhitungan Pohon Mahoni :

Jumlah pohon = jumlah pohon/Ha x luas RTH yang dibutuhkan

$$= 280 \times 0,03536 \text{ Ha}$$

$$= 10 \text{ pohon}$$

Daya serap Vegetasi sesuai luas RTH

Daya serap Mahoni = jumlah pohon x Daya serap(kg/pohon/hari)

$$= 10 \times 0,81 \text{ kg/pohon/hari}$$

$$= 8,02/\text{hari}$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.26

Tabel 4.27 Daya Serap Vegetasi

Jenis Pohon	Jumlah pohon (jumlah pohon/Ha x luas sebenarnya)	Daya serap	
		kg/pohon. hari	Kg/hari
Trembesi	1	78,05	78,05
Mahoni	10	0,81	8,02
Kiara payung	12	1,11	12,91
Total			98,98

Dari data diatas dapat diketahui bahwa vegetasi dalam luas RTH yang telah dihitung dapat menyerap emisi sebesar 98,98 kg/hari. Dengan penyerapan paling besar adalah pohon trembesi dan daya serap RTH tinggi karena jenis pohon yang digunakan memiliki daya serap tinggi.

Berdasarkan ketentuan PERDA KABUPATEN GRESIK NO. 10 TAHUN 2010 menetapkan peraturan daerah tentang penataan ruang terbuka hijau, dimana dalam pasal 9 menjelaskan bahwa Kawasan Industri, Pabrik dan Pergudangan berkewajiban untuk menyediakan lahan yang berfungsi sebagai Ruang Terbuka Hijau sebesar minimal 20 % dari keseluruhan lahan.

Berikut adalah perhitungan luas area hijau di PT PHE WMO:

$$\begin{aligned}
 \text{Hutan Mangrove} &= \frac{\text{Luas Hutan Mangrove}}{\text{Luas Lahan Kerja}} \times 100\% \\
 &= \frac{7,3 \text{ Ha}}{18,74 \text{ Ha}} \times 100\% \\
 &= 25 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Perencanaan RTH} &= \frac{\text{Luas RTH direncanakan}}{\text{Luas Lahan Kerja}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,06163 \text{ Ha}}{18,74 \text{ Ha}} \times 100\% \\
 &= 0,32 \%
 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas menunjukkan bahwa PT PHE WMO sudah memenuhi peraturan PERDA KABUPATEN GRESIK NO. 10 TAHUN 2010. PT PHE WMO memiliki RTH seluas 7,36163 Ha sama dengan 25,32% dari luas ORF PT PHE WMO.

4.5.2.2 Program Reduksi Emisi menggunakan CO₂ Capture

Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) merupakan kontributor utama kadar CO₂ di atmosfer yang menimbulkan ancaman serius bagi ekosistem akibat pemanasan global dan perubahan iklim. Untuk mereduksi emisi CO₂ banyak metode yang telah dikembangkan. Salah satunya menggunakan CO₂ Capture dapat mengurangi emisi CO₂ dengan cara penangkapan pasca pembakaran menggunakan amine dan pelarut kimia lainnya (Sivanesan, 2017). Pelarut yang banyak digunakan adalah senyawa amine dan potasium karbonat (K₂CO₃). Senyawa amine mempunyai daya larut lebih tinggi daripada potasium karbonat namun energi regenerasinya tinggi. Potasium karbonat mempunyai panas absorpsi rendah namun energi regenerasinya rendah dan mempunyai *recovery factor* 90%. Untuk itu daya larut K₂CO₃ perlu ditingkatkan (Febriana, 2011).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pada penelitian ini mengusulkan program reduksi emisi pada dari sumber *fuel consumption* dan *flare* menggunakan absorpsi kimia pada CO₂ dengan menggunakan absorben potasium karbonat (K₂CO₃) dengan faktor *recovery* 90%. Reaksi potasium karbonat untuk penyerapan CO₂ adalah sebagai berikut :

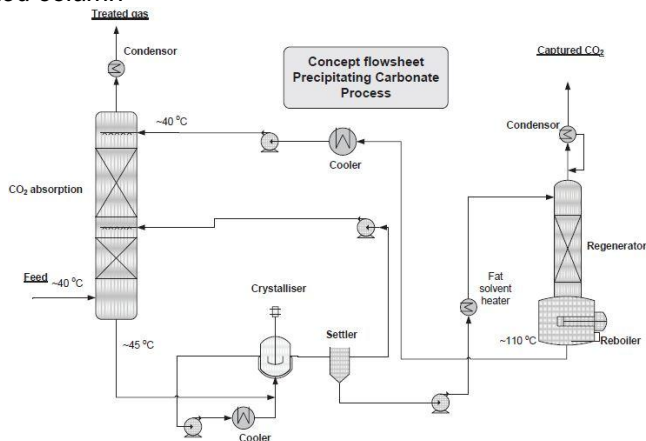


Untuk meningkatkan Laju absorpsi gas CO₂ dalam karbonat dapat ditingkatkan dengan menambahkan promotor (katalis), termasuk senyawa amine, enzim carbonic anhydrase, dan katalis hidrasi. Katalis hidrasi yang telah dikembangkan adalah sodium atau potasium arsenit, formaldehid, hypoclorit, telluric acid, germanic acid, arsenious acid, silica acid, chloral hydtare, chloral alcoholate, piperazine, sodium atau potasium borat dan lithium silikat (Ghosh, 2009). Asam borat dapat digunakan sebagai promotor alternatif. Asam borat merupakan senyawa yang ramah lingkungan dan senyawa yang dapat digunakan sebagai promotor alternatif. Senyawa asam borat akan membantu mengikat CO₂ pada larutan potasium karbonat. Reaksi asam borat dan potasium karbonat merupakan reaksi reversibel. Reaksi yang terjadi pada asam borat yaitu :



Absorpsi gas-cair merupakan proses heterogen yang melibatkan perpindahan komponen gas yang dapat larut menuju penyerap yang biasanya berupa cairan yang tidak mudah menguap. Reaksi kimia dalam proses absorpsi dapat terjadi di lapisan gas, lapisan antar fase, lapisan cairan atau bahkan badan utama cairan, tergantung pada konsentrasi dan reaktivitas bahan-bahan yang direaksikan. Besar kecilnya absorpsi dipengaruhi oleh jenis absorben, jenis zat yang akan diabsorpsi, konsentrasi absorben, luas permukaan, temperatur (suhu), dan tekanan. Umumnya suhu absorben adalah $80-90^{\circ}\text{C}$ dan tekanan >20 bar atau sama dengan $19,7$ atm. Untuk memfasilitasi berlangsungnya tahapan-tahapan proses tersebut, biasanya proses absorpsi dijalankan dalam reaktor tangki berpengaduk, kolom gelembung (*bubblecolumn*) atau kolom yang berisi tumpukan partikel *inert* (*packed bedcolumn*). (Cundari, 2015). Proses removal CO_2 menggunakan penyerapan gas-cair yang berada pada *packed column* merupakan teknologi yang tepat untuk industri migas. Di dalam *packed column* terdapat *packing* sebagai media kontak absorber dengan CO_2 . Hasil dari CO_2 Capture menggunakan absorber potassium karbonat dapat berupa CO_2 cair, dry ice, methanol (Leimbrink., et al, 2017).

Berikut adalah *process flow sceme* absorpsi menggunakan *packed column*



Gambar 4. 17 *Packed Column*
Sumber : Moene., et al, 2013

Packing adalah bahan isian yang digunakan sebagai alat kontak antar fase dalam kolom pemisah. Tujuan utama packing adalah untuk menyediakan luas kontak yang besar antara kedua fase. Packing dapat terbuat dari material plastik *polypropylene*, keramik, carbon dan metal. Sebagai alat kontak antar fase, packing memiliki 3 (tiga) fungsi yaitu sebagai tempat berlangsungnya proses perpindahan, sebagai tempat terbentuknya keseimbangan dan sebagai alat pemisah dua fase seimbang. Packing dapat disusun secara acak (*Random packing*) maupun secara teratur (*Regular packing*). Packing mempunyai banyak jenisnya, diantaranya yaitu Rachig Rings, Lessing rings, Partition rings, pall rings, intalox saddle, berl saddle, tellerette. Jenis packing yang umum digunakan oleh industri adalah jenis rachig rings. Kelebihan dari rachig rings yaitu harga lebih murah, tidak terlalu berat, sensitivitas lebih rendah terhadap kualitas distribusi cair dan uap, dapat digunakan untuk bahanyang tidak tahan suhu tinggi. Namun *rachig rings* mempunyai kekurangan yaitu efisiensinya lebih rendah dan kontaknya berlangsung secara cepat (Samsudin, 2006)

Berikut adalah gambar bentuk rachig rings :



Gambar 4.18 *Rachig Rings*

Sumber : Jintai, 2005

Pada penelitian ini diusulkan program reduksi emisi menggunakan CO_2 Capture dengan absorber potassium karbonat yang ditambah dengan katalis asam borat dengan persen recovery 90% penyerapan CO_2 , proses absorpsi berlangsung pada *packed column* dengan suhu $80-90^\circ\text{C}$ dan tekanan >20 bar atau sama dengan 19,7 atm dan menggunakan packing rachig rings. Hasil dari CO_2 Capture menggunakan absorber potassium karbonat dapat berupa CO_2 cair, dry ice, methanol. Berikut

adalah perhitungan jumlah CO₂ terserap jika teknologi tersebut diaplikasikan :

$$\begin{aligned}\text{Jumlah CO}_2 \text{ terserap} &= (\text{Total } \textit{emisi fuel consumption} + \textit{flare}) \times \\ &\quad \% \textit{Recovery} \\ &= 23,468 \times 90\% \\ &= 21,121 \text{ ton CO}_2\text{e}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan emisi yang telah dilakukan, total emisi PT PHE WMO sektor energi dan sektor limbah selama lima tahun terakhir adalah 29,1605 ton CO₂e. Alternatif program reduksi emisi yang diusulkan adalah menggunakan Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan CO₂ *Capture*. RTH mampu menyerap CO₂ sebesar 98,98 Kg/hari. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa daya serap RTH lebih besar daripada emisi yang dikeluarkan, hal tersebut menjadi keuntungan dalam menggunakan RTH sebagai alternatif program reduksi emisi, karena RTH mampu menyerap CO₂ lebih banyak dan pohon mempunyai daya serap besar. Selain menyerap emisi CO₂ RTH berperan penting yaitu menambah oksigen, menurunkan suhu dengan keteduhan dan kesejukan tanaman, menjadi area resapan air, serta meredam kebisingan. Sedangkan alternatif program reduksi emisi CO₂ *Capture* mampu menyerap emisi CO₂ pada sumber emisi *fuel consumption* dan *flare* menggunakan potassium karbonat dan asam borat sebagai katalis yaitu dapat menyerap emisi CO₂ sebesar 21,121 ton CO₂e. Berdasarkan alternatif yang diusulkan mampu memenuhi rencana strategis PT PHE WMO yaitu penurunan emisi GRK sebesar 5% pada tahun 2017, namun hanya pada wilayah kerja *onshore* saja. Alternatif yang diusulkan mampu berkontribusi memenuhi rencana strategis Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional bahwa Indonesia berkomitmen untuk menurunkan emisi Gas Rumah Kaca sebesar 26% (Dua puluh enam persen) pada tahun 2020.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. - Beban emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang dihasilkan pada sektor energi adalah sebesar 28,7674 ton CO₂e selama 5 tahun dan beban emisi sektor limbah sebesar 0,3931 ton CO₂e selama 5 tahun
- Beban emisi polutan yang dihasilkan sektor energi adalah sebesar 0,00007 ton SO_x selama 5 tahun dan 0,0381 ton NO_x selama 5 tahun
2. - Alternatif program reduksi emisi yang diusulkan yaitu Ruang Terbuka Hijau untuk penyerapan CO₂ seluruhnya dengan luas 616,3 m² atau 0,061 Ha dan menggunakan pohon trembesi, pohon mahoni dan pohon kiara payung
- Alternatif program reduksi emisi yang diusulkan untuk mereduksi CO₂ dari sumber emisi *fuel gas* dan *flare* yaitu menggunakan CO₂ Capture menggunakan absorber potassium karbonat (K₂CO₃) dan katalis asam borat (H₃BO₃) dengan persen recovery 90%, sehingga didapatkan hasil perhitungan CO₂ terserap jika teknologi tersebut diaplikasikan adalah 21,121 ton CO₂e selama 5 tahun.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini untuk penelitian berikutnya antara lain :

1. Melakukan pengambilan data primer terkait emisi pada sektor limbah, karena pada sektor limbah pengolahan masih dalam tahap trial, sehingga data yang didapat tidak lengkap.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, L.M. 2009. **Penentuan Faktor Emisi HC, CO, Dan CO₂ Pada Pembakaran Sampah Secara Terbuka**. Tugas Akhir Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Ai, N.S. 2012. **Evolusi Fotosintesis Pada Tumbuhan**. Jurnal Imiah Sains Vol. 12 No. 1, April 2012
- Analisis Dampak Lingkungan Hidup, 2013. **Rencana Kegiatan Pengembangan Lapangan Minyak Dan Gas Bumi Blok West Madura Offshore Di Lepas Pantai Utara Pulau Madura Kabupaten Bangkalan Dan Kabupaten Gresik Provinsi Jawa Timur**
- Ambarsari, N., Lestari, P., dan Sofyan, A. 2013. **Inventarisasi Emisi Black Carbon, Prekursor Ozon (CO, NO_x, Spesi VOC) dan penentuan Ozone Formation Potential (Studi Kasus: Bandung Raya)**. Program Studi Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan. Bandung
- Alyuz, U., dan Kadir Alp. 2014. **Emission Inventory Of Primary Air Pollutants In 2010 From Industrial Processes In Turkey**. Science of the Total Environment 488–489 (2014) 369–381
- Ardedah, N. 2015. **Penentuan Faktor Emisi Spesifik Sektor Permukiman dan Persampahan untuk Estimasi Tapak Karbon dan Pemetaannya di Kabupaten Banyuwangi**. Thesis Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Badan Pengkajian Kebijakan Iklim dan Mutu Industri. 2012. **Draft Petunjuk Teknis Perhitungan Emisi Gas rumah Kaca (GRK) di Sektor Industri**. Jakarta.
- Cristine, P.P. 2015. **Inventarisasi Emisi Sumber Bergerak di Jalan (On Road) Kota Denpasar**. Tesis Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Udayana, Denpasar
- Cundari, L., dkk. 2015. **Pengaruh Penambahan Asam Borat (H₃BO₃) pada larutan Na₂CO₃ Terhadap Absorpsi CO₂ Dalam Biogas Menggunakan Spray Column**. Jurnal Teknik Kimia No. 1, Vol. 21. Universitas Sriwijaya. Palembang

- Dahlan, E. N .2007. **Analisis Kebutuhan Luasan Hutan Kota Sebagai Sink Gas CO₂ Antropogenik Dari Bahan Bakar Minyak dan Gas di Kota Bogor Dengan Pendekatan Sistem Dinamik**. Disertasi.IPB, Bogor
- Dewi, Y. S. dan Budiyantri, T. 2010. **Pengaruh Campuran Kadar Kerosin dalam Premium terhadap Emisi Gas Sulfur Oksida dan Nitrogen Oksida pada Kendaraan Bermotor**. Jurnal Ilmiah Fakultas teknik LIMIT'S Vol. 6. Jakarta. Hal: 1-3
- De Never, Noel. 2000. **Air Pollution Control Enginnering**.McGraw-Hill,Inc. Singapura
- Dobson, S. 2000. **Concise International Chemical Assessment Document 22 "Ethylene Glycol : Environmental Aspects"**. World Health Organization. United Kingdom
- European Comission. 2000. **NO_x And Dioxin Emission from Waste Incineration Plants**. Institute for Energy-Joint Research Centre, 18-20
- Fanny, A., dkk, . 2012. **Model Absorbsi Multikomponen dalam Larutan K₂CO₃ dengan Promotor Asam Borat pada Packed Column**. Laboratorium Termodinamika Teknik Kimia FTI-ITS. Institut Teknologi Sepuluh November: Surabaya
- Febriana, D.R., dkk, 2011. **Kinetika Reaksi Absorbsi CO₂ Menggunakan Kalium Karbonat (K₂CO₃) dengan Katalis Asam Borat (H₃BO₃)**. ITS : Chemical Engineering
- Ghosh, U. K., et al, 2009. **Absorption of Carbon Dioxide Into Aqueous Potassium Carbonate Promoted Byboric Acid**. Energy Procedia 1 1075-1081. Elsevier : University of Melbourne, Victoria 3010, Australia
- GHG. 2015. **Greenhouse Gas Emissions Inventory**. Reporting Period january 2015-December 2015. PT Pertamina Hulu Energi West Madura Offshore
- Hairiah, K., A., dkk. 2011. **Pengukuran cadangan karbon dari tingkat lahan ke bentang lahan**. Bogor: World Agroforestry Centre, ICRAF
- Hassan, A. A., Crowther J.M. 1998. A Simple Model Polutant Concentrations In A Street Canyon. **Journal of Environmental Monitoring and Assessment**. 52:269-280

- IPCC. 2006. **IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management National Greenhouse Gas Inventories**, Vol.5, Intergovernmental Panel on Climate Change
- Jintai, 2005. Jiangxi Jintai Special Material LLC. [Online]. Tersedia: http://www.ceramic-honeycombs.com/tower_packing/Raschig_Ring_Tower_Random_Column_Packing.htm. Diakses pada tanggal 18 Juni 2017 13:17
- Joga, Nirwono., dan Iwan Ismaun. 2011. **RTH 30%! Resolusi Kota hijau**. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2013. **Kajian Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Energi**. Jakarta
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2012. **Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Buku I**. Jakarta
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. **Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Volume 1 Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Pengadaan dan Penggunaan Energi**. Jakarta
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2012. **Pedoman Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Buku II Volume 3: Metodologi Penghitungan Tingkat Penyebaran Emisi dan Penyerapan Gas Rumah Kaca, Pertanian, Kehutanan, dan Penggunaan Lahan Lainnya**. Jakarta
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. **Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Volume 4 Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Pengelolaan Limbah**. Jakarta
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2013. **Pedoman teknis Penyusunan Inventarisasi Emisi Pencemar Udara di Perkotaan**. Jakarta
- Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional. 2011. **Pedoman Pelaksanaan Rencana Aksi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca**. Jakarta
- Kirk, O. 2007. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Wiley. Universitas Michigan: USA

- Laporan Triwulan I Tahun. 2016. **Laporan Pelaksanaan Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan PT PHE WMO**. Periode Januari-Maret Tahun 2016
- Leimbrink, M., et al, 2017. **Pilot Scale Testing And Modeling Of Enzymatic Reactive Absorption In Packed Columns For CO₂ Capture**. International Journal of Greenhouse Gas Control. Elsevier : Novozymes North America, Inc., Franklinton, NC 27525, USA
- Moene, R., et al, 2013. **Precipitating Carbonate Process For Energy Efficient Postcombustion CO₂ Capture**. Energy procedia 37 (1881-1887). Elsevier : Shell Global Solutions International B.V Projects & Technology
- Newby, E, John. 2007. **Perubahan Iklim Sedang Terjadi Saat ini**. Jakarta
- Ohara, T., et al, 2007. **An Asian Emission Inventory of Anthropogenic Emission Sources for the Period 1980-2020**, Atmospheric Chemistry and Physics, 7, 4419-4444.
- Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Buku I. Pedoman Umum. **Kementrian Lingkungan Hidup**. Jakarta, 2012
- Peraturan Daerah Kabupaten Gresik No. 10 Tahun 2010 tentang **Penataan ruang terbuka Hijau**
- Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 tentang **Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional**
- Prasetyo, *et al*. 2002. **Integrating Remote Sensing and GIS for Estimating Aboveground Biomass and Green House Gases Emission**. CEGIS Newsletter
- Pratiwi, S. R. 2012. **Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Privat Permukiman Dalam Menyerap CO₂ dan Memenuhi Kebutuhan O₂ Manusia di Surabaya Utara (Studi Kasus: Kecamatan Kenjeran)**. Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Ramanathan, V dan Yanyang Xu. 2010. **The Copenhagen Accord for limiting global warming: Criteria, constraints, and available avenues**. *Proceedings of National Academy of Sciences of United States of America*.
- Republik Indonesia. 2001. **Undang-undang No. 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi**. Jakarta

- Republik Indonesia. 2007. **Undang-undang No. 26 Tahun 2007 tentang penataan Ruang**. Jakarta
- Republik Indonesia. 2010. **Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah**. Jakarta.
- Republik Indonesia. 2011. **Peraturan Presiden No. 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca**. Jakarta
- Republik Indonesia. 2011. **Peraturan Presiden No. 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional**. Jakarta
- Risnandar, S.T. 2008. **Mengenai IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)**. <http://risnandarweb.com/>. diakses pada tanggal 16 Desember 2016]
- Rong, X. 2010. A Burning Experiment Study of an Integral Medical Waste Incinerator. **Energy and Power Engineering**. 2:175-181
- Samsudin, 2006. **Pemilihan Kolom Pemisah Perancangan Alat Proses**. Teknik Kimia. Universitas Diponegoro, Semarang
- Sa'duddin dan M. Pramono Hadi. 2015. Beban Emisi Sektor Transportasi di Kota Yogyakarta. **The 18th FSTPT International Symposium**, Unila, Bandar Lampung, August 28, 2015
- Shrestha, R.M., dkk. 2013. **Atmospheric Brown Clouds (ABC) Emission Inventory Manual**. United Nation Environment Programme, Nairobi. Kenya
- Sivanesan., et al, 2017. **Enhanced CO2 Absorption And Desorption In A Tertiary Amine Medium With A Carbonic Anhydrase Mimic**. Journal of Industrial and engineering Chemistry 1-8. Elsevier : University of Science and Technology, Daejeon, Republic of Korea
- Soedomo, M. 2001. **Pencemaran Udara (Kumpulan Karya Ilmiah)**. Bandung : ITB
- Suprihatin. 2008. **Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Melalui Pengomposan Sampah**. Jurnal Teknik Industri Pertanian IPB.18: 53 – 50
- USEPA. 2005. **Emission Inventory Improvement Program: Preferred and Alternative Methods For**

Gathering And Locating Spesific Inventory Data.
Washington DC: US EPA.

Yamin, M. Dkk. 2009. **Pencemaran Udara Karbon Monoksida dan Nitrogen Oksida Akibat Kendaraan Bermotor Pada Ruas Jalan Padat Lalu Lintas Di Kota Makassar.**
Simposium XII FSTPT UK Petra-Surabaya

LAMPIRAN I
Data Hasil *Traffic Counting* PT PHE WMO

Tabel 1. Data Jumlah Kendaraan PT PHE WMO *Shift* 1

Hari/Tanggal	Waktu	Lokasi	Jenis Kendaraan					Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
			Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick Up (Solar)	Mini bus (Solar)	Sepeda Motor (Bensin)		
Senin/27-02-2017	07.00 WIB	Parkiran PT PHE WMO	2	6	1	1	106	0,0558	0,0618
Selasa/28-02-2017	07.00 WIB	Parkiran PT PHE WMO	2	4	1	1	105	0,0558	0,0618
Rabu/01-03-2017	07.00 WIB	Parkiran PT PHE WMO	2	5	0	1	109	0,0558	0,0618
Kamis/02-03-2017	07.00 WIB	Parkiran PT PHE WMO	1	6	0	1	107	0,0558	0,0618
Jumat/03-03-2017	07.00 WIB	Parkiran PT PHE WMO	2	6	0	1	102	0,0558	0,0618
Sabtu/04-03-2017	07.00 WIB	Parkiran PT PHE WMO	1	5	1	0	38	0,0558	0,0618
Minggu/05-03-2017	07.00 WIB	Parkiran PT PHE WMO	2	6	0	0	20	0,0558	0,0618
Total			12	38	3	5	587		

Tabel 2. Data Jumlah Kendaraan PT PHE WMO *Shift 2*

Hari/Tanggal	Waktu	Lokasi	Jenis Kendaraan					Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
			Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick Up	Mini bus	Sepeda Motor		
Senin/27-02-2017	19.00 WIB	Parkiran PT PHE WMO	2	6	1	0	38	0,0558	0,0618
Selasa/28-02-2017	19.00 WIB	Parkiran PT PHE WMO	2	9	0	0	40	0,0558	0,0618
Rabu/01-03-2017	19.00 WIB	Parkiran PT PHE WMO	4	6	0	0	38	0,0558	0,0618
Kamis/02-03-2017	19.00 WIB	Parkiran PT PHE WMO	5	3	0	0	39	0,0558	0,0618
Jumat/03-03-2017	19.00 WIB	Parkiran PT PHE WMO	1	4	1	0	39	0,0558	0,0618
Sabtu/04-03-2017	19.00 WIB	Parkiran PT PHE WMO	1	3	0	0	38	0,0558	0,0618
Minggu/05-03-2017	19.00 WIB	Parkiran PT PHE WMO	5	6	1	0	39	0,0558	0,0618
Total			20	37	3	0	271		

Tabel 3. Rekap Data Jumlah Kendaraan PT PHE WMO Berdasarkan *Traffic Counting*

Hari/ Tanggal	Lokasi	Jenis Kendaraan					Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
		Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick Up (Solar)	Mini bus (Solar)	Sepeda Motor (Bensin)		
Senin/27-02-2017	Parkiran PT PHE WMO	4	12	2	1	144	0,0558	0,0618
Selasa/28-02-2017		4	13	1	1	145	0,0558	0,0618
Rabu/01-03-2017		6	11	0	1	147	0,0558	0,0618
Kamis/02-03-2017		6	9	0	2	146	0,0558	0,0618
Jumat/03-03-2017		3	10	1	2	141	0,0558	0,0618
Sabtu/04-03-2017		2	8	1	0	76	0,0558	0,0618
Minggu/05-03-2017		7	12	1	0	59	0,0558	0,0618

Tabel 4. Rata-rata Jumlah Kendaraan Hari Kerja (*Weekday*)

Hari/ Tanggal	Lokasi	Jenis Kendaraan					Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
		Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick Up (Solar)	Mini bus (Solar)	Sepeda Motor (Bensin)		
Senin/27-02-2017	Parkiran PT PHE WMO	4	12	2	1	144	0,0558	0,0618
Selasa/28-02-2017		4	13	1	1	145	0,0558	0,0618
Rabu/01-03-2017		6	11	0	1	147	0,0558	0,0618
Kamis/02-03-2017		6	9	0	2	146	0,0558	0,0618
Jumat/03-03-2017		3	10	1	2	141	0,0558	0,0618
Rata-rata		5	11	1	1	145		

Tabel 5. Rata-rata Jumlah Kendaraan Hari Libur (*Weekend*)

Hari/ Tanggal	Lokasi	Jenis Kendaraan					Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
		Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick Up (Solar)	Mini bus (Solar)	Sepeda Motor (Bensin)		
Sabtu/05-03-2017	Parkiran PT PHE WMO	2	8	1	0	76	0,0558	0,0618
Minggu/05-03-2017		7	12	1	0	59	0,0558	0,0618
Rata-rata		5	10	1	0	68		

Tabel 6. Rekap Jumlah Kendaraan *Weekday* dan *Weekend*

Lokasi	Jenis Kendaraan	Panjang Jalan (km)	Jumlah Kendaraan	
			Hari Kerja	Hari Libur
Parkiran Depan PT PHE WMO	Mobil (bensin)	0,0618	5	5
	Mobil (solar)	0,0618	11	10
	Pick Up	0,0618	1	1
	Mini Bus	0,0618	1	0
	Sepeda Motor	0,0558	145	68

Tabel 7. Jumlah Kendaraan Per Bulan Pada Hari Kerja

Jenis Kendaraan	Bahan Bakar	Jumlah
Mobil	Bensin	3072
Mobil	Solar	7200
Pick Up	Solar	576
Mini Bus	Solar	672
Sepeda Motor	Bensin	82368
Pick up Sampah	Solar	192
Mobil Cathering (Bensin)	Bensin	2160
Truk Limbah B3	Solar	8

**Tabel 8. Data Aset Kendaraan PT PHE WMO Tahun
2012-2017**

Tahun	Jenis kendaraan	Bahan bakar yang digunakan
2012	Kijang Innova	Diesel oil
	Kijang Innova	Diesel oil
	Kijang Innova	Diesel oil
	Kijang Innova	Diesel oil
	Isuzu ELF	Diesel oil
	Isuzu ELF	Diesel oil
	Isuzu ELF	Diesel oil
2013	Kijang Innova	Diesel oil
	Kijang Innova	Diesel oil
	Kijang Innova	Diesel oil
	Kijang Innova	Diesel oil
	Isuzu ELF	Diesel oil
	Isuzu ELF	Diesel oil
	Isuzu ELF	Diesel oil
2014	Kijang Innova	Diesel oil
	Kijang Innova	Diesel oil
	Kijang Innova	Diesel oil
	Kijang Innova	Diesel oil
	Bis (44 seat)	Diesel oil
	Hiace (16 seat)	Diesel oil
2015	Kijang Innova	Diesel oil
	Kijang Innova	Diesel oil
	Kijang Innova	Diesel oil
	Kijang Innova	Diesel oil

Tahun	Jenis kendaraan	Bahan bakar yang digunakan
	Bis (44 seat)	Diesel oil
	Hiace (16 seat)	Diesel oil
2016	Kijang Innova	Diesel oil
	Kijang Innova	Diesel oil
	Kijang Innova	Diesel oil
	Kijang Innova	Diesel oil
	Bis (44 seat)	Diesel oil
	Hiace (16 seat)	Diesel oil
2017	Nissan Serena	Premium
	Nissan Serena	Premium
	Kijang Innova	Diesel oil
	Kijang Innova	Diesel oil
	Kijang Innova	Diesel oil
	Kijang Innova	Diesel oil
	Kijang Innova	Diesel oil
	Toyota Pick Up	Diesel oil
	Hiace (16 seat)	Diesel oil

Sumber: Statistik PHE WMO

Tabel 9. Hasil Perhitungan Beban Emisi CO₂ Transportasi Darat

Jenis Kendaraan	Q	Q	L	VKT	EF	Densitas	K	E	E	E
	(kendaraan/bulan)	(kendaraan/tahun)	(km)	(km/tahun)	(g/kg)	(kg/L)	(L/100 km)	(g/tahun)	(kg/tahun)	(ton/tahun)
a	b	c = b x 12	f	f	g	h	i	j = (f x g x h x i) / 100	k = j / 1000	l = k / 1000
Mobil (bensin)	256	3072	0,0618	189,78816	3180	0,72	11,79	51232,14	512,32	0,51
Mobil (solar)	600	7200	0,0618	444,816	3172	0,84	11,36	134639,10	1346,39	1,35
Pick Up (Solar)	48	576	0,0618	35,58528	3172	0,84	10,64	10088,45	100,88	0,10
Mini Bus (Solar)	56	672	0,0618	41,51616	3172	0,84	11,83	13086,23	130,86	0,13
Sepeda Motor (Bensin)	6864	82368	0,0558	4594,48704	3180	0,72	2,66	279819,70	2798,20	2,80
Pick up Sampah (Solar)	16	192	0,0618	11,86176	3172	0,84	10,64	3362,82	33,63	0,03
Mobil Cathering (Bensin)	180	2160	0,0618	133,4448	3180	0,72	11,79	36022,60	360,23	0,36
Truk Limbah B3	0	8	0,5	4	3172	0,84	15,82	1686,082944	16,86	0,02
Total									5299,37	5,30

LAMPIRAN II

Data-data Perhitungan Beban Emisi Sumber Stasioner

Tabel 10. Data Perhitungan Emisi CO₂ Pembakaran *Fuel Gas* PT PHE
WMO Per Produk

Tahun	Emisi CO ₂	Jumlah Gas Produk		Emisi CO ₂
	(ton CO ₂)	MMSCF	(ton)	(ton CO ₂ /ton produk)
2011	2219780,564	68634,30	1394649,04	1,59
2012	1691817,654	56160,92	1141189,96	1,48
2013	2405743,245	47373,30	962625,55	2,50
2014	2389751,898	47165,51	958403,10	2,49
2015	2451774,44	39175,57	796047,57	3,08
2016	2262920,783	39272,93	798025,93	2,84

Tabel 11. Data Perhitungan Emisi CH₄ Pembakaran *Fuel Gas* PT PHE
WMO Per Produk

Tahun	Emisi CH ₄	Jumlah Gas Produk		Emisi CH ₄
	CO ₂ e (ton/Tahun)	(MMSCF/Tahun)	(ton/Tahun)	CO ₂ e (ton/ton gas produk)
2011	8475,53	68634,30	1394649,04	0,006
2012	6459,67	56160,92	1141189,96	0,006
2013	9185,57	47373,30	962625,55	0,010
2014	9124,51	47165,51	958403,10	0,010
2015	9361,32	39175,57	796047,57	0,012
2016	8640,24	39272,93	798025,93	0,011

Tabel 12. Data Perhitungan Emisi SO_x Pembakaran *Fuel Gas* PT PHE
WMO Per Produk

Tahun	Emisi SO _x	Jumlah Gas Produk		Emisi SO _x
	(ton SO _x)	MMSCF	(ton)	(ton SO _x /ton produk)
2011	10,33	68634,30	1394649,04	0,0000074
2012	7,87	56160,92	1141189,96	0,0000069
2013	11,20	47373,30	962625,55	0,0000116
2014	11,12	47165,51	958403,10	0,0000116
2015	11,41	39175,57	796047,57	0,0000143
2016	10,53	39272,93	798025,93	0,0000132

Tabel 13. Data Perhitungan Emisi NO_x Pembakaran *Fuel Gas* PT PHE
WMO Per Produk

Tahun	Emisi CO ₂	Jumlah Gas Produk		Emisi CO ₂
	(ton CO ₂)	MMSCF	(ton)	(ton CO ₂ /ton produk)
2011	5408,19	68634,30	1394649,04	0,0039
2012	4121,88	56160,92	1141189,96	0,0036
2013	5861,27	47373,30	962625,55	0,0061
2014	5822,30	47165,51	958403,10	0,0061
2015	5973,41	39175,57	796047,57	0,0075
2016	5513,30	39272,93	798025,93	0,0069

Tabel 14. Data Perhitungan Emisi CO₂ Aktivitas *Flare*
PT PHE WMO Per Produk

Tahun	Emisi CO ₂	Jumlah Gas Produk		Emisi CO ₂
	(ton CO ₂)	MMSCF	(ton)	(ton CO ₂ /ton produk)
2011	8180826,05	68634,30	1394649,04	5,87
2012	125832,11	56160,92	1141189,96	0,11
2013	294157,30	47373,30	962625,55	0,31
2014	112887,60	47165,51	958403,10	0,12
2015	191091,02	39175,57	796047,57	0,24
2016	338802,33	39272,93	798025,93	0,42

Tabel 15. Data Perhitungan Emisi CH₄ Aktivitas *Flare*
PT PHE WMO Per Produk

Tahun	Emisi CH ₄	Jumlah Gas Produk		Emisi CH ₄
	CO ₂ e (ton/Tahun)	(MMSCF/Tahun)	(ton/Tahun)	CO ₂ e (ton/ton gas produk)
2011	2742614,10	68634,30	1394649,04	1,967
2012	42185,09	56160,92	1141189,96	0,037
2013	98615,95	47373,30	962625,55	0,102
2014	37845,46	47165,51	958403,10	0,039
2015	64063,08	39175,57	796047,57	0,080
2016	113583,16	39272,93	798025,93	0,142

Tabel 16. Data Perhitungan Emisi NO_x Aktivitas *Flare*
PT PHE WMO Per Produk

Tahun	Emisi NO _x	Jumlah Gas Produk		Emisi NO _x
	(ton NO _x)	MMSCF	(ton)	(ton NO _x /ton produk)
2011	4701,62	68634,30	1394649,04	0,00337
2012	72,32	56160,92	1141189,96	0,00006
2013	169,06	47373,30	962625,55	0,00018
2014	64,88	47165,51	958403,10	0,00007
2015	109,82	39175,57	796047,57	0,00014
2016	194,71	39272,93	798025,93	0,00024

Tabel 17. Data Penggunaan *Fuel Gas* untuk proses produksi di ORF PT
PHE WMO

Tahun	<i>Fuel Gas</i>	<i>Fuel Gas</i>
	MMSCF	(ton)
2011	39724,06	807192,93
2012	30275,91	615206,42
2013	43051,96	874815,73
2014	42765,78	869000,69
2015	43875,71	891554,34
2016	40496,08	822880,28
Total	240189,49	4880650,39

Sumber: Statistik Total *Fuel Gas* PHE WMO

LAMPIRAN III
Data-data Perhitungan Beban Emisi Sektor Limbah

Tabel 18. Perhitungan Emisi Sektor Limbah

COD IPAL (mg/L)	Debit air limbah (L/tahun)	TOWi (kgCOD/tahun)
a	b	$c = (a \times b)/10^6$
1030,1	203.520	209,65
Bo	MCFj	EF (kg CH ₄ /kg COD)
(kg CH ₄ /kg COD)		
a	b	$c = a \times b$
0,25	0,3	0,075

TOWi (kg COD/3 bulan)	Si (kg COD/ tahun)	EFi (kg CH ₄ /kg COD)	Ri (kg CH ₄ /tahun)	E (kg CH ₄ /tahun)	E (ton CH ₄ /th)	E (ton CO ₂ e/th)
a	b	c	d	$e = [(a-b) \times c] - d$		
209,65	0	0,075	0	15,72	0,016	0,393

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN IV
Data Rekap Total Emisi PT PHE WMO

Tabel 19. Data Rekap Emisi Detail

NO.	SEKTOR		Tahun	PROYEKSI BEBAN EMISI PT PHE WMO			
	SUM-BER			CO ₂ (ton/gas produk) /tahun	CO ₂ e (ton/gas produk) /tahun	SO _x (ton/gas produk) /tahun	NO _x (ton/gas produk) /tahun
1		Energi					
a)	Sumber Stasioner	Fuel Gas	2011	1,5916	0,0061	0,000007	0,0039
			2012	1,4825	0,0057	0,000007	0,0036
			2013	2,4991	0,0095	0,000012	0,0061
			2014	2,4935	0,0095	0,000012	0,0061
			2015	3,0799	0,0118	0,000014	0,0075
			2016	2,8356	0,0108	0,000013	0,0069
		Flare	2011	5,8659	1,9665	-	0,0034
			2012	0,1103	0,0370	-	0,0001
			2013	0,3056	0,1024	-	0,0002
			2014	0,1178	0,0395	-	0,0001
			2015	0,2400	0,0805	-	0,0001
			2016	0,4246	0,1423	-	0,0002
	Transportasi Darat		2011	-	-	-	-
			2012	-	-	-	-
			2013	-	-	-	-
			2014	-	-	-	-
			2015	-	-	-	-
			2016	-	-	-	-
			2017	5,2994			
4		Limbah					
a)		Limbah Industri	2017	-	0,39	-	-
TOTAL				26,35	2,81	0,00007	0,0381

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN V
Data Hasil Perhitungan Menggunakan Faktor Emisi Default IPCC Dan Default ABC

Tabel 20. Data Hasil Perhitungan Emisi CO₂ Pembakaran *Fuel Gas*

TH	Jumlah konsumsi <i>Fuel gas</i>		Faktor konversi	Juml-ah konsumsi	Faktor Emisi (Default)	Emisi CO ₂	EmisiCO ₂
	MMSCF	(ton)	(TJ/ton)	(TJ)	(Kg CO ₂ /Tj)	Kg CO ₂	(ton CO ₂ /tahun)
2011	39724,06	807192,93	0,017154	13846,59	64200	888950921,4	888950921419,07
2012	30275,91	615206,42	0,017154	10553,25	64200	677518709,4	39496252149,57
2013	43051,96	874815,73	0,017154	15006,59	64200	963423011	56163169583,52
2014	42765,78	869000,69	0,017154	14906,84	64200	957018989,4	55789844313,41
2015	43875,71	891554,34	0,017154	15293,72	64200	981857028,2	57237788747,16
2016	40496,08	822880,28	0,017154	14115,69	64200	906227195,5	52828914273,89

: Tabel 21. Data Hasil Perhitungan Emisi CO₂ Pembakaran *Fuel Gas* Per Gas Produk

Tahun	Emisi CO ₂	Jumlah Gas Produk		Emisi CO ₂
	(ton CO ₂)	MMSCF	(ton)	(ton CO ₂ /ton produk)
2011	8,88951E+11	68634,30	1394649,04	637401,16
2012	39496252150	56160,92	1141189,96	34609,71

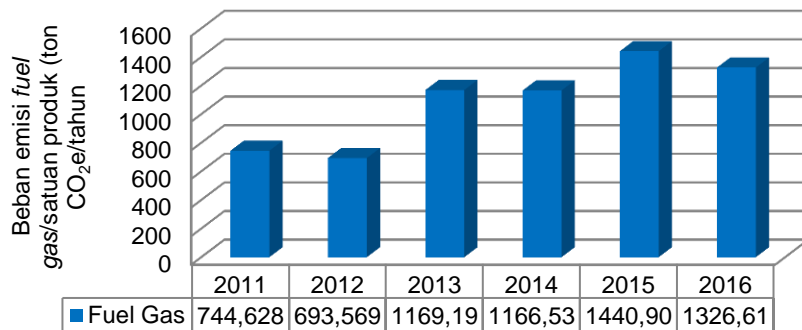
Tahun	Emisi CO ₂	Jumlah Gas Produk		Emisi CO ₂
	(ton CO ₂)	MMSCF	(ton)	(ton CO ₂ /ton produk)
2013	56163169584	47373,30	962625,55	58343,73
2014	55789844313	47165,51	958403,10	58211,25
2015	57237788747	39175,57	796047,57	71902,47
2016	52828914274	39272,93	798025,93	66199,50

Tabel 22. Data Hasil Perhitungan Emisi CH₄ Pembakaran *Fuel Gas* Per Gas Produk

Tahun	Jumlah konsumsi <i>Fuel gas</i>		Faktor konversi	Jumlah konsumsi	Faktor Emisi (Default)	Emisi CH ₄	Emisi CH ₄	CO ₂ e
	MMSCF	(ton)	(TJ/ton)	(TJ)	(Kg CH ₄ /Tj)	Kg CO ₂	(ton CH ₄ /tahun)	(ton/Tahun)
2011	39724,06	807192,93	0,017154	13846,59	3	41539,76268	41539762,68	1038494067,08
2012	30275,91	615206,42	0,017154	10553,25	3	31659,75277	31659752,77	791493819,36
2013	43051,96	874815,73	0,017154	15006,59	3	45019,76687	45019766,87	1125494171,77
2014	42765,78	869000,69	0,017154	14906,84	3	44720,51352	44720513,52	1118012838,03
2015	43875,71	891554,34	0,017154	15293,72	3	45881,16954	45881169,54	1147029238,51
2016	40496,08	822880,28	0,017154	14115,69	3	42347,06521	42347065,21	1058676630,20

Tabel 23. Data Hasil Perhitungan Emisi CH₄ Pembakaran *Fuel Gas* Per Produk

Tahun	Emisi CH ₄	Jumlah Gas Produk		Emisi CH ₄
	CO ₂ e (ton/Tahun)	(MMSCF/Tahun)	(ton/Tahun)	CO ₂ e (ton/ton gas produk)
2011	1038494067,08	68634,30	1394649,04	744,628
2012	791493819,36	56160,92	1141189,96	693,569
2013	1125494171,77	47373,30	962625,55	1169,192
2014	1118012838,03	47165,51	958403,10	1166,537
2015	1147029238,51	39175,57	796047,57	1440,905
2016	1058676630,20	39272,93	798025,93	1326,619



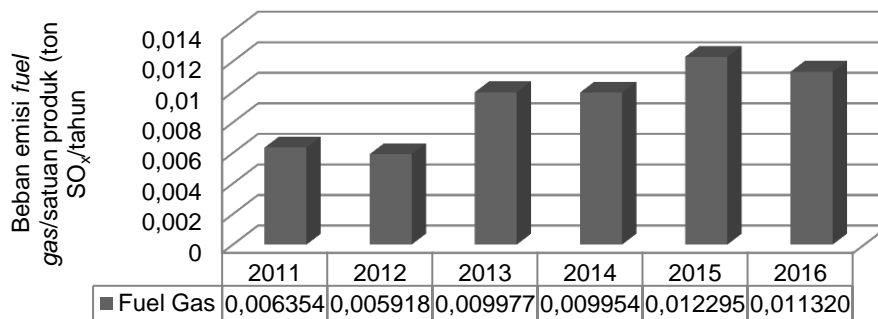
Gambar 1. Beban Emisi CH₄ Fuel Gas

Tabel 24. Data Hasil Perhitungan Emisi SO_x Pembakaran Fuel Gas Per Gas Produk

Tahun	Jumlah konsumsi Fuel gas		Faktor konversi	Jumlah konsumsi	Faktor Emisi (Default)	Emisi SO _x	Emisi SO _x
	MMSCF	(ton)		(TJ)	(Kg SO _x /Tj)	Kg SO _x	(ton SO _x)
2011	39724,06	807192,93	0,017154	13846,59	0,00064	8,861816039	8861,82
2012	30275,91	615206,42	0,017154	10553,25	0,00064	6,754080592	6754,08
2013	43051,96	874815,73	0,017154	15006,59	0,00064	9,604216932	9604,22
2014	42765,78	869000,69	0,017154	14906,84	0,00064	9,540376218	9540,38
2015	43875,71	891554,34	0,017154	15293,72	0,00064	9,787982835	9787,98
2016	40496,08	822880,28	0,017154	14115,69	0,00064	9,034040578	9034,04

Tabel 25. Data Hasil Perhitungan Emisi CH_4 Pembakaran *Fuel Gas* Per Produk

Tahun	Emisi SO_x	Jumlah Gas Produk		Emisi SO_x
	(ton SO_x)	MMSCF	(ton)	(ton SO_x /ton produk)
2011	8861,82	68634,30	1394649,04	0,0063542
2012	6754,08	56160,92	1141189,96	0,0059185
2013	9604,22	47373,30	962625,55	0,0099771
2014	9540,38	47165,51	958403,10	0,0099545
2015	9787,98	39175,57	796047,57	0,0122957
2016	9034,04	39272,93	798025,93	0,0113205



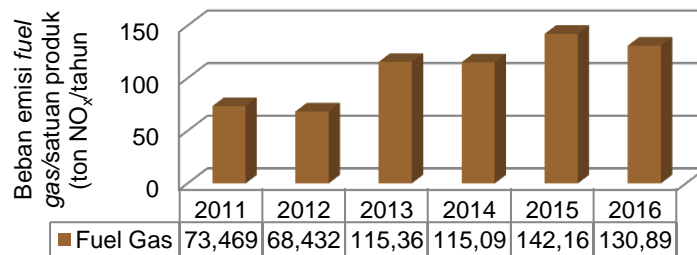
Gambar 2. Beban Emisi SO_x *Fuel Gas*

Tabel 26. Data Hasil Perhitungan Emisi NO_x Pembakaran *Fuel Gas* Per Gas Produk

Tahun	Jumlah konsumsi <i>Fuel gas</i>		Faktor konversi	Jumlah konsumsi	Faktor Emisi (Default)	Emisi NO _x	Emisi NO _x
	MMSCF	(ton)	(TJ/ton)	(TJ)	(Kg NO _x /Tj)	Kg NO _x	(ton NO _x)
2011	39724,06	807192,93	0,017154	13846,59	7,4	102464,748	102464747,95
2012	30275,91	615206,42	0,017154	10553,25	7,4	78094,05684	78094056,84
2013	43051,96	874815,73	0,017154	15006,59	7,4	111048,7583	111048758,28
2014	42765,78	869000,69	0,017154	14906,84	7,4	110310,6	110310600,02
2015	43875,71	891554,34	0,017154	15293,72	7,4	113173,5515	113173551,53
2016	40496,08	822880,28	0,017154	14115,69	7,4	104456,0942	104456094,18

Tabel 27. Data Hasil Perhitungan Emisi NO_x Pembakaran *Fuel Gas* Per Produk

Tahun	Emisi CO ₂	Jumlah Gas Produk		Emisi NO _x
	(ton CO ₂)	MMSCF	(ton)	(ton NO _x /ton produk)
2011	102464747,95	68634,30	1394649,04	73,4699
2012	78094056,84	56160,92	1141189,96	68,4321
2013	111048758,28	47373,30	962625,55	115,3603
2014	110310600,02	47165,51	958403,10	115,0983
2015	113173551,53	39175,57	796047,57	142,1693
2016	104456094,18	39272,93	798025,93	130,8931



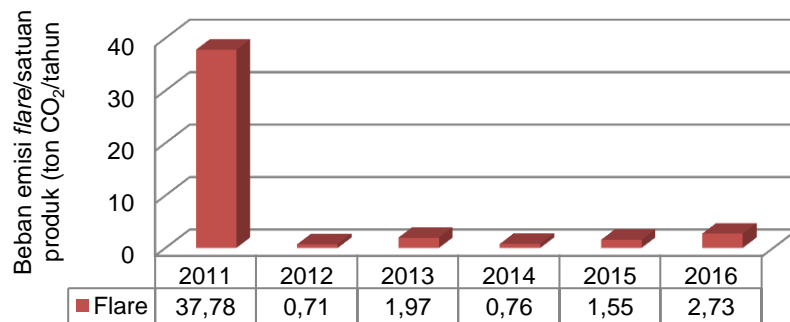
Gambar 3. Beban Emisi NO_x Fuel Gas

Tabel 28. Data Hasil Perhitungan Emisi CO_2 Aktivitas Flare

Tahun	Jumlah aktivitas Flare		Faktor konversi	Jumlah konsumsi	Faktor Emisi (Default)	Emisi CO_2	Emisi CO_2
	MMSCF	(ton)	(TJ/ton)	(TJ)	(Kg CO_2 /Tj)	Kg CO_2	(ton CO_2 /tahun)
2011	154252,76	3134416,11	0,017154	53767,77394	0,98	52692,41847	52692418,47
2012	2372,62	48211,54	0,017154	827,0207023	0,98	810,4802882	810480,29
2013	5546,45	112703,95	0,017154	1933,323477	0,98	1894,657008	1894657,01
2014	2128,54	43251,95	0,017154	741,9440038	0,98	727,1051237	727105,12
2015	3603,10	73214,95	0,017154	1255,929276	0,98	1230,81069	1230810,69
2016	6388,25	129809,32	0,017154	2226,749097	0,98	2182,214115	2182214,12

Tabel 29. Data Hasil Perhitungan Emisi CO₂ Aktivitas *Flare* Per Produk

Tahun	Emisi CO ₂	Jumlah Gas Produk		Emisi CO ₂
	(ton CO ₂)	MMSCF	(ton)	(ton CO ₂ /ton produk)
2011	52692418,47	68634,30	1394649,04	37,78
2012	810480,29	56160,92	1141189,96	0,71
2013	1894657,01	47373,30	962625,55	1,97
2014	727105,12	47165,51	958403,10	0,76
2015	1230810,69	39175,57	796047,57	1,55
2016	2182214,12	39272,93	798025,93	2,73



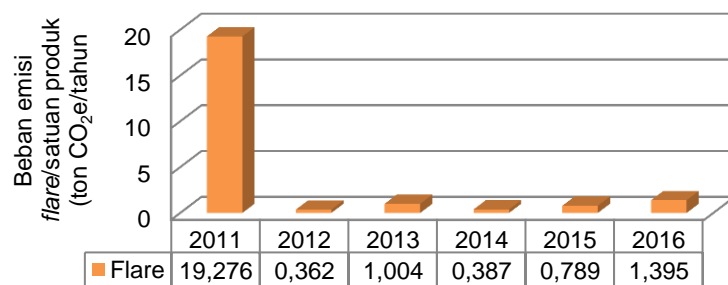
Gambar 4. Beban emisi CO₂ Aktivitas *Flare*

Tabel 30. Data Hasil Perhitungan Emisi CH₄ Aktivitas *Flare*

Tahun	Jumlah aktivitas <i>Flare</i>		Faktor konversi	Jumlah konsumsi	Faktor Emisi (Default)	Emisi CH ₄	Emisi CH ₄	CO ₂ e
	MMSCF	(ton)						
			(TJ/ton)	(TJ)	(Kg CH ₄ /Tj)	Kg CO ₂	(ton CH ₄ /tahun)	(ton/Tahun)
2011	154252,76	3134416,11	0,017154	53767,77394	0,02	1075,355479	1075355,48	26883886,97
2012	2372,62	48211,54	0,017154	827,0207023	0,02	16,54041405	16540,41	413510,35
2013	5546,45	112703,95	0,017154	1933,323477	0,02	38,66646955	38666,47	966661,74
2014	2128,54	43251,95	0,017154	741,9440038	0,02	14,83888008	14838,88	370972,00
2015	3603,10	73214,95	0,017154	1255,929276	0,02	25,11858551	25118,59	627964,64
2016	6388,25	129809,32	0,017154	2226,749097	0,02	44,53498194	44534,98	1113374,55

Tabel 31. Data Hasil Perhitungan Emisi CH₄ Aktivitas *Flare* per produk

Tahun	Emisi CH ₄	Jumlah Gas Produk		Emisi CH ₄
	CO ₂ e (ton/Tahun)	(MMSCF/Tahun)	(ton)	CO ₂ e (ton/ton gas produk)
2011	26883886,97	68634,30	1394649,04	19,276
2012	413510,35	56160,92	1141189,96	0,362
2013	966661,74	47373,30	962625,55	1,004
2014	370972,00	47165,51	958403,10	0,387
2015	627964,64	39175,57	796047,57	0,789
2016	1113374,55	39272,93	798025,93	1,395



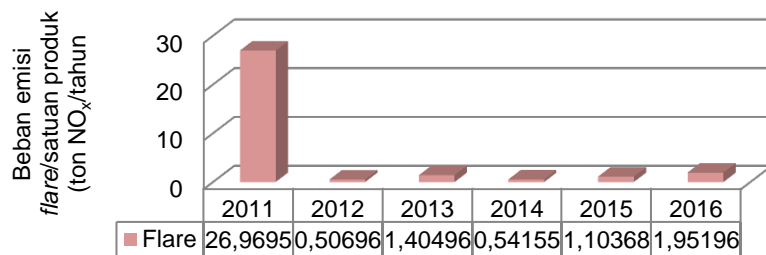
Gambar 4. Beban emisi CH₄ Aktivitas *Flare*

Tabel 32. Data Hasil Perhitungan Emisi NO_x Aktivitas *Flare*

Tahun	Jumlah aktivitas <i>Flare</i>		Faktor konversi	Faktor Emisi (Default)	Emisi NO _x	Emisi NO _x
	MMSCF	(ton)	Kg	Kg	Kg NO _x	(ton NO _x /tahun)
2011	154252,76	3134416,11	3134,41611	12	37612,99332	37612993,32
2012	2372,62	48211,54	48,2115368	12	578,5384416	578538,44
2013	5546,45	112703,95	112,703945	12	1352,447343	1352447,34
2014	2128,54	43251,95	43,2519531	12	519,0234374	519023,44
2015	3603,10	73214,95	73,2149514	12	878,5794163	878579,42
2016	6388,25	129809,32	129,809321	12	1557,711855	1557711,86

Tabel 33. Data Hasil Perhitungan Emisi NO_x Aktivitas *Flare* Per Produk

Tahun	Emisi NO _x	Jumlah Gas Produk		Emisi NO _x
	(ton NO _x)	MMSCF	(ton)	(ton NO _x /ton produk)
2011	37612993,32	68634,30	1394649,04	26,96950
2012	578538,44	56160,92	1141189,96	0,50696
2013	1352447,34	47373,30	962625,55	1,40496
2014	519023,44	47165,51	958403,10	0,54155
2015	878579,42	39175,57	796047,57	1,10368
2016	1557711,86	39272,93	798025,93	1,95196



Gambar 5. Beban emisi NO_x Aktivitas *Flare*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

LAMPIRAN 6

TUGAS AKHIR

JUDUL GAMBAR

Plan Perencanaan Ruang Terbuka Hijau
PT PIC WIND Gresik

DRAFTER





Injar Rahmawati
3313100007

DUSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl. SC., M.Sc.

LEGENDA

-  : Rencana Pengembangan Bangunan dan Tark Kersesat
-  : Rencana Pengembangan Parkir dan Jalur Akses
-  : Ruang Terbuka Hijau

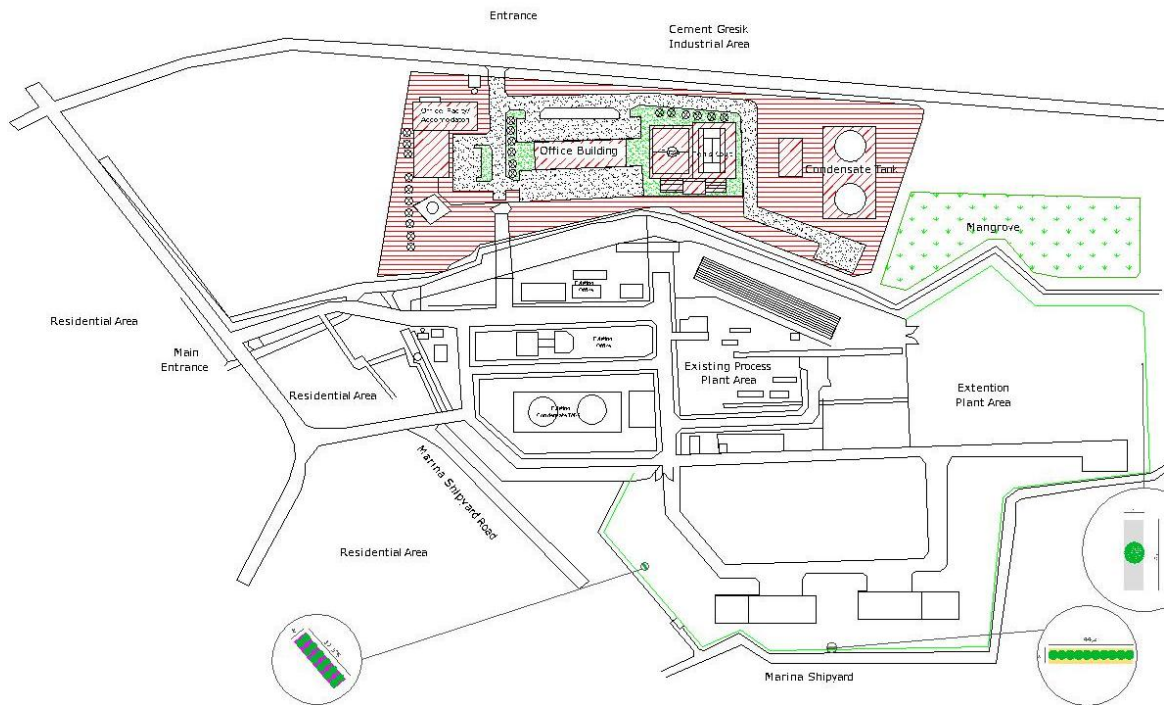
-  : Rencana Area Reklamasi
-  : Ruang Terbuka Hijau Pohon Trembesi
-  : Ruang Terbuka Hijau Pohon Mahoni
-  : Ruang Terbuka Hijau Pohon Rana Payung

SKALA

1:20000

DALAMAN

125



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN VII Dokumentasi Penelitian



(c) Gerbang Utama



(b) Parkiran Mobil



(a) Parkiran Motor

Gambar 6. Pengukuran menggunakan GPS



(e) Shift 1



(d) Shift 2

Gambar 6. *Traffic Counting*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



Intan Rahmawati, penulis lahir di Klaten tepatnya pada tanggal 07 September 1995 dan merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Alamat rumah yaitu Maken Rt.003/Rw.006, Sentono, Karangdowo, Klaten. Penulis telah menempuh pendidikan formal diantaranya TK Pertiwi 1 Keden pada tahun 1999-2001, SD Negeri 1 Sentono pada tahun 2001 - 2007, SMP Negeri 1 Karangdowo pada tahun 2007-2010, SMA Negeri 1 Cawas pada tahun 2010-2013. Penulis menempuh pendidikan S1 Teknik Lingkungan ITS Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) yang terdaftar dengan NRP 3313100007 melalui jalur SNMPTN. Penulis juga aktif diberbagai organisasi kemahasiswaan, yaitu pada tahun 2014-2015 menjadi staff Departemen Riset dan Teknologi (Ristik) Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL), staff Departemen Ristik BEM FTSP ITS dan anggota Kelompok Pecinta dan Pemerhati Lingkungan (KPPL) HMTL, dilanjutkan pada tahun 2015-2016 penulis menjadi Sekretaris Departemen Ristik HMTL disertai pelatihan, seminar, dan *event* yang pernah diikuti. Penulis juga menimba pengalaman melalui Kerja Praktek di Denpasar Sewerage Development Project (DSDP) UPT PAL Bali di bagian Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL) dan diamanahi sebagai asisten Laboratorium Kimia Lingkungan I dan II dan Remediasi Badan Air dan Pesisir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.

Konsentrasi Tugas Akhir yang dialami penulis adalah di bidang pengendalian dan pencemaran udara dan perubahan iklim, Judul Judul Tugas Akhir "**Program Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca di PT PERTAMINA Hulu Energi West Madura Offshore**". Apabila pembaca ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir, serta ingin memberikan kritik dan saran, penulis dapat dihubungi melalui email: intanrahma07@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”